

TRAITÉ COMPLET

DE MÉCANIQUE

APPLIQUÉE AUX ARTS.



Se trouve aussi

A Bayonne, chez	GOSSE.
Bordeaux.	GAYET aîné. Ve. BERGERET
Brest.	LEFOURNIER et DEPÉRIERS.
Cherbourg.	BOULANGER.
Havre (le).	DELHAYE-LONQUETY. Mlle. PATRY.
Lille.	VANAKÈRE.
Lorient.	LECOAT-SAINT-HAOUEN.
Lyon.	BOHAIRE.
Marseille.	MOSSY.
Nantes.	FOREST.
Rouen.	FRÈRE. RENAULT.
Rochefort.	WINCOP. GOULARD
Strasbourg.	LEVRAULT. TREUTTEL ET WURTZ.
Saint-Malo.	ROTTIER.
Toulon.	MAGDELAIN.
Tulle.	CHIRAC.
Amsterdam.	GABRIEL-DUFOUR.
Anvers.	ANCELLE.
Berlin.	SANDERS.
Bruxelles.	LECHARLIER.
Florence.	PIATTI.
Francfort.	BROENNER.
Gênes.	GRAVIER (Ives).
Genève.	PASCHOUD.
Leipsick.	GRIESHAMMER.
Liége.	DESOER.
Lisbonne.	REY (Pierre et George).
Londres.	BOSSANGE et MASSON. TREUTTEL et WURTZ.
Madrid.	DENNÉE fils.
Manheim.	ARTARIA.
Milan.	STELLA.
Moscou.	RISS.
Naples.	BOREL.
Pétersbourg.	ROSPINI. VEYHER.
Turin.	PIC. BOCCA.
Venise.	FUCHS.
Vienne.	SCHAUBOURG.
Warsovie.	GLUCSBERG.

IMPRIMERIE DE FAIN, RUE DE RACINE, PLACE DE L'ODÉON.

TRAITÉ COMPLET
DE MÉCANIQUE
APPLIQUÉE AUX ARTS,

CONTENANT l'Exposition méthodique des théories et des expériences les plus utiles pour diriger le choix, l'invention, la construction et l'emploi de toutes les espèces de machines;

PAR M. J.-A. BORGNIS,
INGÉNIEUR ET MEMBRE DE PLUSIEURS ACADÉMIES.

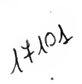
Composition des Machines.



PARIS,
BACHELIER, LIBRAIRE, QUAI DES AUGUSTINS.

1818.




17101

A Monsieur **CHRISTIAN,**

Chevalier de la Légion d'Honneur, Directeur du Conservatoire des Arts et Métiers.

Permettez, Monsieur, que cet Ouvrage, fruit de longues et laborieuses investigations, se place sous vos auspices tutélaires. Permettez-lui de se décorer de votre nom respectable, nom illustré par d'importans travaux, et par une invention récente de la plus grande utilité.

Ce nom, que tous les amis des connaissances utiles vénèrent et chérissent, lui conciliera la bienveillance publique, et lui procurera, je l'espère, un favorable accueil.

Agréez le témoignage de mon profond respect.

J.-A. BORGNIS.

AVERTISSEMENT.

Destiné à servir d'introduction à l'étude de la *Mécanique appliquée aux arts*, ce volume contient la classification des méthodes aptes à produire les divers effets que l'on observe dans les machines. Je n'ai épargné ni temps, ni travail, ni méditations pour disposer cette classification avec régularité, et pour la rendre à peu près complète. Néanmoins plusieurs méthodes ont dû nécessairement se soustraire à mes recherches, ou parce qu'elles n'ont pas été publiées, ou parce que, confondues dans la foule, je n'ai pu les discerner. Il sera facile, à mesure qu'elles se feront connaître, de les placer dans la classification suivant le rang qui leur conviendra.

La nécessité d'éviter une fastidieuse prolixité m'a obligé d'employer quelques dénominations inusitées pour désigner les organes des machines. Les noms que j'ai choisis m'ont paru les plus propres à bien caractériser ces organes.

Parmi les organes contenus dans cette classification, ceux compliqués, de formes insolites et d'une importance majeure, ont exigé des descriptions amples et détaillées; au contraire il a suffi d'indiquer brièvement ceux qu'un usage universel a rendus familiers, ceux doués d'une grande simplicité, et enfin ceux dont le développement est réservé aux volumes subséquens.

Ce volume est divisé en six livres.

Le premier, consacré aux *récepteurs*, c'est-à-dire, aux or-

ganes destinés à recevoir l'action immédiate des agens-moteurs, en contient la classification, la description, l'examen comparatif, l'indication des principales applications qui en ont été faites, et les résultats des expériences et des observations qui leur sont relatives.

Dans le second livre on trouve la description des *communicateurs*, c'est-à-dire, des organes destinés à transmettre les mouvemens.

Le troisième contient les *modificateurs*, qui s'appellent ainsi, parce que en effet ils modifient la vitesse des divers mobiles, suivant l'exigeance des cas.

Les *supports* sont contenus dans le quatrième livre. Ces organes importans servent de centre de suspension, ou de rotation et d'appui aux autres organes. Ils leur permettent les mouvemens qui leur sont convenables, en leur interdisant tous les autres.

Les *régulateurs* sont décrits dans le cinquième livre. Ce sont eux qui corrigent les irrégularités des mouvemens; qui préviennent et diminuent les effets nuisibles des résistances passives; qui règlent la grandeur, la durée, la vitesse du mouvement, et qui en dirigent les interruptions, les renouvellemens périodiques, et les changemens de toute espèce.

Le sixième et dernier livre contient les *opérateurs*, qui, comme leur nom l'indique, opèrent et produisent l'effet final.

DISCOURS PRÉLIMINAIRE.

La Mécanique, cette branche si importante des sciences physico-mathématiques, se divise en deux parties, qu'il importe de ne pas confondre; elles ont une même origine et des directions différentes. La première, purement spéculative et théorique, s'appelle *Mécanique-rationelle;* elle a pour but de déterminer en général toutes les lois de l'équilibre et du mouvement des corps, et d'appliquer ces lois à l'interprétation des principaux phénomènes de la nature. Le but de la seconde est l'application immédiate de ces mêmes lois aux usages de la société; elle se nomme *Mécanique-pratique*. C'est elle qui dirige le praticien dans le choix et l'emploi des méthodes convenables aux divers effets qu'il se propose de produire; c'est elle qui lui indique la marche qu'il doit suivre dans ses opérations; c'est elle enfin qui lui signale les écueils à éviter.

La *Mécanique-rationelle*, cultivée avec persévérance par les mains les plus habiles, a fait de grands et de rapides progrès. Deux productions du premier ordre, chefs-d'œuvres immortels qui honorent l'esprit humain, sont nées dans ces derniers temps sur le sol français: je parle de la *Mécanique analytique* de *Lagrange*, et *de la Mécanique céleste de Laplace.*

La *Mécanique-pratique* fut aussi cultivée, mais par un plus petit nombre de savans, avec moins d'assiduité, et avec un succès moins éclatant.

Il est désirable que les savans qui ne dédaignent pas de descendre du vaste domaine des abstractions aux objets usuels, veuillent diriger plus souvent leurs profondes méditations sur un grand nombre de problèmes de mécanique-pratique non encore résolus. De semblables problèmes ne seront pas sans doute aussi sublimes que ceux dont ils s'occupent habituellement; mais ils seront probablement plus fructueux. Leur solution n'excitera peut-être pas l'admiration des érudits, mais elle leur procurera la reconnaissance et l'estime de leurs concitoyens dont ils seront les bienfaiteurs.

Archimède estimait plus ses travaux purement géométriques que les utiles inventions mécaniques dont il est l'auteur; la postérité n'a pas ratifié ce jugement; et il doit plus sa haute renommée à la défense de Syracuse, à l'invention de la vis hydraulique et de la balance hydrostatique qu'à ses recherches sur la géométrie des solides et sur les sections coniques, quoique très-dignes d'éloges.

Il n'est peut-être pas inutile de jeter rapidement un coup d'œil sur les causes probables qui ont pu retarder les progrès de la *Mécanique-pratique* malgré sa haute importance. J'en distingue d'abord deux principales. Premièrement, la solution de la plupart des problèmes qui lui appartiennent exige la connaissance d'une foule de petits détails qui semblent au premier abord minutieux et futiles, mais qui en effet sont si nécessaires, qu'on ne saurait approcher de la perfection qu'au moyen de leur réunion complète; combinée de la manière la plus avantageuse. Souvent la plupart de ces détails sont inconnus aux savans, qui les croient d'une classe trop vulgaire pour en faire un objet d'étude. Il résulte de là qu'ils s'appliquent rarement à la mécanique-pratique; et quand ils le font, leurs recherches n'ont pas toujours le degré d'utilité désirable.

Secondement, les praticiens, à qui ces détails sont familiers, négligent ou ignorent les théories qui pourraient leur indiquer les défauts des méthodes qu'ils suivent, méthodes que souvent ils n'ont adoptées que par pure routine, et dont ils se servent aveuglément, sans savoir en apprécier les avantages ni les inconvéniens.

A ces deux causes on peut en ajouter une troisième; c'est la défaveur que font rejaillir sur les perfectionnemens utiles ces essaims d'inventions ridicules ou insignifiantes qui pullulent tous les jours, fécondées par l'ineptie de personnes ignares qui ont la manie de se croire mécaniciens par inspiration; semblables en tout aux alchimistes de ridicule mémoire, comme eux, ils consomment laborieusement leur temps en vaines recherches et négligent leur profession; comme eux, ils perdent souvent leur bien et leur tranquillité, en poursuivant avec opiniâtreté un chimérique espoir de fortune.

Un préjugé vulgaire tend à les affermir dans leurs folles

visions. On croit communément que les plus grandes découvertes mécaniques sont dues au hasard ; que des mécaniciens célèbres, tels que *Ferracina, Zabaglia, Rennequin* et plusieurs autres n'avaient aucunes connaissances théoriques ; et enfin, que de fameux mathématiciens ont échoué lorsqu'ils ont voulu opérer par la pratique.

On ne saurait nier que le hasard se plaise quelquefois à dévoiler d'importans phénomènes, et des effets utiles échappés aux laborieuses investigations des savans ; mais il faut pour cela que les causes productives soient d'une très-grande simplicité ; il faut qu'indépendantes de toute proportion fixe et déterminée, elles n'exigent aucune préparation préliminaire. C'est ainsi que le mélange fortuit de quelques substances a donné naissance à d'importantes combinaisons chimiques. C'est ainsi que deux verres lenticulaires, placés sans dessein parallèlement à quelque distance, et dirigés vers un point éloigné, ont indiqué le principe des lunettes d'approche. Toutes les fois que cette simplicité n'existera pas ; toutes les fois que des causes nécessairement compliquées requerront le concours de plusieurs circonstances combinées suivant des lois données, il est absurde de supposer que le hasard puisse avoir aucune influence.

Si le hasard ne peut produire des découvertes que dans des cas extrêmement rares, quel est donc l'aveuglement de ces hommes dénués de connaissances qui s'obstinent à vouloir tenter ce que les savans les plus habiles ont jugé impraticable ? quelle est leur manie de se flatter d'obtenir sans lumières ce qui exige l'emploi des théories les plus subtiles et les plus exactes ? Leur démence n'est pas moins ridicule que celle d'un rustre ignare qui voudrait composer un poëme épique ; ou bien, d'un barbouilleur sans principes de dessin, qui se flatterait de rivaliser avec Gérard ou David.

Des mécaniciens fameux étaient, dit-on, dénués de connaissances théoriques. Avant de répondre à cette objection, il est nécessaire d'énoncer quelques principes, et de donner quelques définitions. Qu'est-ce qu'une théorie ? Une théorie n'est autre chose que la réunion régulière, que l'enchaînement méthodique de tous les faits relatifs à un effet quelconque naturel ou artificiel ; et ces faits sont donnés par l'expérience.

Une théorie peut s'acquérir de deux manières : par l'étude, et par une longue expérience, dirigée par un esprit juste et pénétrant.

Il y a autant de théories que d'effets naturels ou artificiels. La connaissance d'une de ces théories ne suppose pas nécessairement celle d'aucune autre, quoique plusieurs aient de l'affinité et une espèce de filiation commune.

Sans doute *Zabaglia*, *Ferracina* et *Rennequin* ne possédaient que des connaissances très-circonscrites, qui ne s'étendaient pas au-delà de la mécanique-pratique, et qui même n'en embrassaient qu'une branche particulière. Ils n'ont jamais tenté de franchir ces bornes étroites ; mais ils connaissaient profondément la théorie complète, exacte et solide de la partie à laquelle ils s'étaient uniquement consacrés : ils ne l'avaient point acquise par l'étude ; la seule expérience leur avait dévoilé tous les faits relatifs de quelque importance, tous les détails de quelque utilité. La pénétration de l'esprit, la justesse du jugement avaient disposé ces faits dans leur entendement suivant leurs dépendances mutuelles. Le peu d'étendue de leurs connaissances a peut-être contribué à leur donner plus de profondeur. Il est cependant permis de croire qu'une somme plus considérable de connaissances ne leur aurait pas été inutile, et les aurait mis à même de rendre de plus grands services aux sciences et aux arts.

La mésaventure de quelques mathématiciens habiles qui ont échoué dans des opérations pratiques ne prouve aucunement que les sciences abstraites soient inutiles, comme quelques praticiens peu instruits affectent de le dire ; mais elle prouve seulement que ces sciences par elles seules ne peuvent suffire pour diriger les opérations pratiques ; et que, pour être fructueuses, il faut qu'elles soient combinées avec les connaissances expérimentales. C'est en réunissant intimément les unes et les autres qu'on peut se flatter d'obtenir des résultats réellement utiles et satisfaisans.

Nous conclurons, de ce qui précède, que nul ne peut prétendre de perfectionner ou d'étendre le domaine de la science, qu'après avoir acquis les connaissances nécessaires par l'étude, ou par une pratique éclairée et non routinière. Si vous êtes animé d'une tendance extraordinaire vers la mécanique, si le génie

vous enflamme, si enfin la nature vous a gratifié de ce don si rare qu'elle n'accorde qu'à quelques êtres privilégiés ; sachez que le génie est sans doute un germe très-précieux, mais qui exige une culture soignée pour fructifier ; sachez que si ce germe est confié à un terrain inculte, il sera probablement étouffé par les herbes parasites et malfaisantes ; et si, doué d'une vigueur extraordinaire, il parvient à se développer et à produire des fruits, ces fruits, âpres et sauvages, n'auront jamais cette beauté admirable, cette saveur exquise qui ne s'obtient que par la culture, et qui est la récompense réservée à l'habileté et à la patience du bon cultivateur.

Si l'on remarque avec surprise que l'évidente vérité que nous venons d'énoncer soit sans cesse méconnue, et que l'étude de la Mécanique-pratique soit négligée par les personnes qui devraient s'y appliquer avec le plus d'ardeur, attribuons-le aux difficultés multipliées dont cette étude a été jusqu'à présent environnée. Les vastes connaissances qui lui appartiennent sont encore éparses sans ordre et sans liaison. Personne ne s'est avisé de les réunir, de les classer et d'en former un corps de doctrine méthodique et régulier. Je me suis imposé la tâche de remédier à ce défaut autant que mes faibles moyens me le permettront. J'essaierai donc de disposer ces connaissances de telle manière qu'on puisse en reconnaître la dépendance mutuelle, les comparer avec facilité, en acquérir des idées claires et durables. Pour arriver à ce résultat, j'ai cru qu'il était nécessaire de rechercher d'abord soigneusement tous les effets que les machines peuvent produire, et les diverses méthodes inventées pour les obtenir ; d'examiner en même temps les avantages et les défauts respectifs de ces méthodes, d'après les résultats les mieux constatés de la théorie et de l'expérience.

En suivant ce système, il a fallu décomposer les machines dans leurs parties primordiales, et imiter l'anatomiste qui, pour connaître à fond la structure et les fonctions vitales des corps animés, les décompose dans toutes leurs parties organiques, les analyse exactement, les examine séparément, et reconnaît les formes, la disposition, la manière d'être de chacune d'elles ; ensuite il les compare et reconnaît l'artifice admirable de leurs combinaisons diverses. J'ai pensé qu'on devait suivre la même

marche à l'égard des machines, dont la plupart sont trop compliquées pour qu'on puisse, sans le secours de la décomposition, s'en faire des idées justes, nettes, distinctes, et surtout durables. Il ne suffit pas, pour arriver à ce résultat, d'en décomposer quelques-unes séparément; il faut les soumettre toutes simultanément à l'analyse.

Cette analyse simultanée pourra sembler, au premier abord, impraticable; mais, pour peu qu'on y réfléchisse, on reconnaîtra aussitôt qu'elle est non-seulement possible, mais facile.

Il est évident que les élémens qui produisent les mêmes effets partiaux doivent être toujours semblables dans les diverses machines. Ainsi, le volant, mû par le vent, sera le même, quel que soit son emploi. Les roues dentées auront toujours les mêmes formes et les mêmes dispositions lorsqu'elles serviront au même usage, quoique dans des machines essentiellement différentes.

J'ai procédé à l'analyse des élémens mécaniques en observant d'abord, que toute machine exige indispensablement un moteur. Or, il y a plusieurs classes de moteurs, savoir, les moteurs animés, l'eau dans son état naturel, la vapeur de l'eau bouillante, le vent, les ressorts et les poids, et enfin quelques autres moteurs d'un usage borné. Ces classes peuvent se subdiviser en genres, les genres en espèces, les espèces en variétés. Ainsi, par exemple, la première classe de moteurs contient deux genres, l'homme et les animaux, tels que le cheval, le bœuf et quelques autres. Chacun de ces deux genres contient plusieurs espèces, qui sont déterminés par les diverses manières d'appliquer l'action des hommes ou des animaux aux machines, en faisant agir ou leur poids ou leur force musculaire, ou la combinaison de l'une et de l'autre, etc. Les espèces contiennent des variétés résultantes des différences moins sensibles qui se rapportent à l'une ou à l'autre des manières d'agir caractéristiques de chaque espèce. En suivant pour toutes les classes des moteurs la même méthode, on obtient la classification complète des effets qu'ils peuvent produire. Si maintenant on veut s'occuper des organes qui reçoivent l'action des moteurs, organes que je nommerais *récepteurs*, la même classification leur servira identiquement.

J'ai remarqué ensuite que les moteurs sont souvent éloignés du lieu où l'action de la machine doit s'exercer; alors les organes de transmission deviennent nécessaires. Ces organes, que j'appelle *communicateurs*, sont de deux sortes. Les uns ne peuvent transmettre le mouvement qu'à des distances limitées; les autres sont doués de la faculté de le transmettre à des distances quelconques. Cette différence marquante détermine la division de l'ordre des communicateurs en deux classes. Mais il ne suffit pas que les communicateurs transmettent le mouvement, ils ont encore une autre fonction à remplir; car la qualité du mouvement que le moteur imprime à son récepteur n'est pas toujours de la même nature que celui qui est exigé par l'action finale de la machine. C'est ainsi que, dans une machine hydraulique à pompes mue par une roue à aubes, le moteur produit un mouvement circulaire vertical, tandis que les pompes veulent un mouvement alternatif rectiligne; il faut donc que les communicateurs, en même temps qu'ils transmettent le mouvement reçu par la roue aux pompes, lui fassent éprouver la transformation exigée. Les diverses sortes de transformations, les structures différentes des organes me fournissent les moyens de déterminer les genres, les espèces et les variétés.

En continuant mon analyse, j'ai observé qu'il arrive rarement que le moteur ait le degré de vitesse requis par l'action finale de la machine. Par exemple, dans les *moulins à mouture* mus par le vent ou par l'eau, le volant ou la roue n'ont ordinairement qu'une vitesse cinq ou six fois moindre que celle que la meule doit avoir. Souvent aussi on doit produire un grand effort, quoique l'on n'ait qu'une petite force disponible. Pour produire ces effets, il existe des organes dont le but est de modifier les deux élémens qui composent le mouvement, c'est-à-dire, la force et la vitesse, en augmentant l'une par la diminution proportionnelle de l'autre. Ces organes auxquels je donne le nom de *modificateurs*, composent le troisième ordre distribué en six classes, les leviers, les treuils simples, les treuils à deux parties, les engrenages, les vis et coins, et enfin les presses hydrauliques.

Souvent plusieurs mouvemens en sens contraire doivent s'effectuer simultanément dans une même machine; alors il

faut disposer les parties de manière que leurs mouvemens soient entièrement libres, sans cependant qu'elles cessent d'avoir entre elles cette communication et cette dépendance que la nature de la machine exige. Les supports disposés et construits de manière à favoriser tous ces effets, forment le quatrième Ordre.

Le cinquième Ordre renferme les *régulateurs*, distribués en trois classes, *modérateurs*, *directeurs* et *correcteurs*. Les modérateurs ont pour but de réduire les mouvemens à l'uniformité. Les directeurs règlent le mouvement par rapport à sa durée, à sa vitesse et à son amplitude, et dirigent les interruptions, les renouvellemens et les variations périodiques de mouvement; les correcteurs enfin préviennent et diminuent les effets nuisibles des résistances passives.

Le sixième et dernier ordre contient les parties organiques qui opèrent immédiatement sur la résistance. Ces parties agissent ou par locomotion, ou par pression, ou par percussion, ou par le frottement ou enfin par séparation.

Tel est le plan général de ma classification, dont les tableaux synoptiques ci-joints font connaître les ramifications, et dont le développement constitue l'objet principal de ce volume.

(*Nota.*) J'ai ajouté à chaque article des tableaux un indication du numéro des planches, et de celui des figures qui représentent l'organe indiqué dans l'article; de plus, j'ai marqué le numéro qui correspond au paragraphe qui en donne l'explication.

ORDRE PREMIER. — *RÉCEPTEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — RÉCEPTEURS ZOOLIQUES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Récepteurs zooliques mus par des hommes.*				
1 A traction verticale du haut en bas.	1 Corde passée sur une poulie.	»	»	18
	2 Corde attachée à un levier rotatif.	1	1	21
	3 Double levier rotatif ou levier à bascule.	1	3	23
	4 Levier à tige inflexible.	1	2	[illegible]
	5 Axe vertical de petites dimensions à rot. alter.	1	6	26
	6 Axe vertical de grande dimension à rot. alter.	2	5	28
	7 Cordes à nœuds de *Berthelot*	3	7 et 8	29
2 A traction verticale du bas en haut.	1 Té ou tige verticale à barre horizontale.	1	5	30
	2 Levier rotatif.	1	4 et 10	31
3 A pression horiz. sans locom. par la force muscul. des bras.	Tige horizont. qu'un ou deux hommes tirent et poussent alternativement.	3	6	32
4 A pression horiz. par la force musculaire des jambes.	1 Plan horizontal flexible.	2	6	33
	2 Roue horizontale à rayons.	1	12	34
	3 Roue verticale à tasseaux.	1	15	36
	4 Axe à chaise mobile.	1	16	37
5 A traction ou pression horiz. locomotive.	1 Homme tirant au moyen d'une corde ou d'une courroie posée en écharpe sur sa poitrine.	1	11	39
	2 Homme poussant une barre horizontale.	1	11	40
6 Manivelles.	1 Manivelle simple.	1	7	42
	2 Manivelle à tige mue par les pieds de l'homme.	1	8	44
	3 Maniv. à tige et à balancier vert. suspendu.	1	9	45
	4 Maniv. à tige et à balancier vert. non suspendu	2	3	46
	5 Maniv. à tige et à balancier horizontal.	2	9	47
7 Treuils à leviers.	1 Treuils à leviers fixes.	»	»	48
	2 Treuils à leviers mobiles.	»	»	49
8 Roues zooliques.	1 Roue à chevilles.	1	17	50
	2 Roue à tambour.	1	18 et 19	51
	3 Roue à double force.	1	20	54
9 Échelle flexible.		2	2	57
10 Roues zooliques obliques ou horizontales	1 Roue zoolique oblique.	1	13	68
	2 Roue zoolique horizontale.	1	14	69
11 Bascules.	1 Bascule mue par un seul homme.	2	4	70
	2 Bascule mue par deux hommes.	2	8	71
	3 Bascule à manivelle.	2	7	72
	4 Bascule à arc de cercle.	3	9 et 12	73
	5 Bascule à mouvement alternatif rectiligne.	3	4	74
	6 Bascule à double pression de M. *Desmandres.*	3	14	75
	7 Plateaux mobiles.	2	1	»
GENRE DEUXIÈME. — *Récepteurs zooliques mus par des animaux.*				
1 Manéges.	1 Manivelle à manége.	3	10	83
	2 Manége à flèches horizontales	2	15	88
	3 Manége à flèches obliques.	2	15	89
2 Roues verticales.	1 Roue mue par des chevaux, en se servant de leurs jambes de derrière.	2	10	90
	2 Roue mue par des bœufs ou buffles.	3	13	92
	3 Roue mue par des chevaux, en se servant de leurs jambes de devant.	2	12	93
	4 Roue mue par des chiens.	3	11	»
3 Roue oblique.	Roue mue par des bœufs	2	11	94
4 Plan incliné flexible.		2	13	95
5 Plateaux mobiles.		2	16	97

ORDRE PREMIER. — *RECEPTEURS.*

CLASSE DEUXIÈME. — RÉCEPTEURS HYDRAULIQUES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planche.	Figure.	Pages.
	GENRE PREMIER. — *Roues hydrauliques.*			
1 Roues verticales à aubes dans un coursier étroit.		4	1 et 2	130
2 Roues à auges ou à pots.	1 Roue à godets simples.	4	3 et 4	147
	2 Roue à godets à double cloison.	4	5 et 6	148
	3 Roue à canal intérieur.	6	5 et 6	149
	4 Roue à double rang de godets.	4	7 et 8	150
	5 Roue à augets de M. *Nouaille de Great-Ness.*	6	8	151
3 Roues fluviales.	1 Roue soutenue par un bateau simple.	6	2 et 3	153
	2 Roue soutenue par deux bateaux.	6	4	154
	3 Roue flottante de M. *Williamson.*	6	9	155
	4 Roue à supports mobiles.	5	11, 12 et 13	156
	5 Roue à aubes mobiles horizontales.	4	13 et 14	157
	6 Roue à aubes mobiles verticales.	4	15 et 16	158
4 Roues horiz. dans un coursier.	1 Roue à aubes planes.	»	»	159
	2 Roue à aubes courbes.	4	9 et 10	160
	3 Roue à écuelles.	4	11 et 12	162
	4 Roue à poire.	6	10	163
	GENRE DEUXIÈME. — *Roues à flux et reflux.*			
1 Roues verticales.		6	11	165
2 Roues horizontales.		6	12 et 13	166
	GENRE TROISIÈME. — *Balanciers hydrauliques.*	»	»	»
1 Balancier de *Perrault.*		6	14	169
2 Balanciers à contre-poids.		6	15	170
	GENRE QUATRIÈME. — *Chapelets et seaux moteurs.*			
1 Chapelets.		6	16	172
2 Seau moteur		6	17	173
	GENRE CINQUIÈME. — *Spirales.*			
1 Spirale à axe horizontal.		6	18	175
2 Spirale à axe oblique.		6	19	*Ibid.*
3 Spirale à axe vertical.		6	20	176
	GENRE SIXIÈME. — *Récepteurs à pression latérale.*			
1 Récept. à pression latérale.		34	6	178
	GENRE SEPTIÈME. — *Récepteurs à colonne d'eau.*			
1 A simple effet.		6	21	179
2 A double effet.		6	22	180
	GENRE HUITIÈME. — *Beliers moteurs.*			
1 Belier moteur.		6	23	182

ORDRE PREMIER. — *RÉCEPTEURS.*

CLASSE TROISIÈME. — RÉCEPTEURS THERMIQUES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Récepteurs thermiques sans piston.*				
1 Récepteurs thermiques sans piston et sans balancier. . .	1 Ancienne machine de *Savery*.	7	1	212
	2 Autre machine de *Savery*.	7	2	214
	3 Machine de *Nancarrow*.	9	14	216
2 Récepteurs thermiques avec balancier, mais sans piston.	1 A simple effet.	11	5 et 6	218
	2 A deux récipiens.	11	7 et 8	225
GENRE DEUXIÈME. — *Récepteurs thermiques avec piston.*				
1 A pression atmosphérique. . . .	Machine de *Newcomen*	7	3	228
2 A simple pression de la vap.	1 Machine de *Watt* à simple effet.	7	4	230
	2 Machine de *Salder*.	9	6	234
	3 Machine de *Cartwrigth*.	9	1	236
3 Récepteurs thermiques à double effet.	1 Machine de *Watt*.	8	1 et 2	238
	2 Petite machine de MM. *Martin* et *Albert* . . .	10	3, 4 et 5	240
	3 Machine de *Clegg*.	9	7 et 8	253
	4 Machine de *Mandslay*.	9	1, 2 et 3	254
4 Machines à forte pression.		10	1 et 2	259
5 Machines à double effet et à forte pression.		»	»	273
GENRE TROISIÈME. — *Récepteurs thermique à rotation immédiate.*				
1 Machine de *Verzy*.		9	2	282
2 Machine d'*Amontons*.		7	5	287
3 Machine à rotation de *Salder*.		9	9 et 10	291

CLASSE QUATRIÈME. — RÉCEPTEURS PNEUMATIQUES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Moulins à rotation verticale et à voiles quadrangulaires.*				
1 Moulins dont le toit seul est mobile.		12	3 et 4	369
2 Moulins dont le corps de l'édifice est mobile.		12	1 et 2	380
GENRE DEUXIÈME. — *Moulins à rotation verticale et à voiles triangulaires.*				
1 Moulins à la portugaise.		12	9	381
GENRE TROISIÈME. — *Moulins à rotation horizontale.*				
1 Moulins à ailes mobiles. . . .	1 Ailes mobiles dans des châssis.	12	7	387
	2 Moulins à ailes mobiles verticales.	12	5 et 6	388
2 Moulins à paravens fixes. . .	1 Moulin à la polonaise de M. *Duquet*.	»	»	391
	2 Moulin de M. *Gallon*.	»	»	391
3 Moulins à paravent mobiles.	1 Moulin de *Couplet*.	»	»	393
	2 Moulin à girouette.	12	11 et 12	394
GENRE QUATRIÈME. — *Moulins à mouvement alternatif.*				
1 Secteur surmonté d'une voile.		12	13	397

ORDRE PREMIER. — *RÉCEPTEURS.*

CLASSE CINQUIÈME. — RÉCEPTEURS DÉPENDANS ET RÉCEPTEURS PROPOSÉS.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES		
		Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Récepteurs dépendans.*				
1 Poids	1 Poids employés pour produire un mouv. continu.	13	1	402
	2 Poids réacteurs.	»	»	409
2 Ressorts	1 Ressorts moteurs.	26	30 et 31	411
	2 Ressorts réacteurs. SOUS-VARIÉTÉS. A volutes.	13	7	414
	A courbe.	13	3	*Ibid.*
	A boudin.	13	8	*Ibid.*
	A arc tendu par une corde.	13	6	*Ibid.*
	A arc tendu par une vis.	13	13	*Ibid.*
	A plans inclinés employés dans les mét. à tricoter.	13	20	»
	3 Ressorts à suspension.	13	9, 10, 11 et 12	415
GENRE DEUXIÈME. — *Récepteurs proposés.*				
1 Roue mue par le poids du mercure.		13	24	419
2 Mouvement d'oscillation résultant d'un appareil de tringles plongé alternativement dans l'eau chaude et dans l'eau froide.		»	»	422
3 Machine à feu de M. *Cagniard-Latour.*		»	»	423
4 Machines à miroirs ardens.		»	»	435
5 Poudre à canon employée comme moteur de machines.		»	»	436
6 Pyréolophore de M. *Niepce.*		»	»	438

ORDRE SECOND. — *COMMUNICATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — COMMUNICATEURS PROXIMES.

GENRE PREMIER. — *Des engrenages.*				
1 Engrenage à mouvement circulaire continu.	1 Pignon et roue dont la denture suit le prolongement des rayons.	15	4	482
	2 Lanterne et roue dont la denture suit le prolongement des rayons.	15	10 et 11	485
	3 Roue de champ.	15	7	487
	4 Roues d'angles.	15	5	488
	5 Roue et vis sans fin.	15	16	489
	6 Roue à denture rentrante et vis sans fin.	15	15	489
	7 Roue à denture interne et pignon roulant.	17	12	490
	8 Roue tournante autour d'un pignon.	17	1	491
	9 Roue à double denture, lanterne horizontale et lanterne verticale.	15	9	492
	10 Roue d'angle à double denture agissant sur deux autres roues en divers sens.	15	6	*Ibid.*
	11 Étoile.	15	8	»
	12 Roue à rochet interne et à cliquet.	15	12	»
	13 Roue de compte.	15	14	»

ORDRE SECOND. — *COMMUNICATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — COMMUNICATEURS PROXIMES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Des engrenages.* (Suite.)				
2 Engrenages produisant un mouvement circul. alternatif. . .	1 Lanterne agissant sur deux roues de champ à demi-dentées.	15	13	507
	2 Roue de champ à demi-dentée agissant sur deux lanternes.	16	24	508
	3 Lanterne à demi-garnie agissant sur un segment de roue dentée suivant le prolong. des rayons.	16	19	509
	4 Pignon et roue à denture interne et externe. .	18	25	510
	5 Deux roues concent. agissant sur deux frag. de roues, l'un à dent. int. et l'autre à dent. ext. .	19	19	511
	6 Roue de champ à demi-dentée agissant sur deux lant., l'axe desquelles porte une vis sans-fin qui agit sur un segment.	16	25	512
	7 Roue dentée et parallélogramme flexible. . . .	16	15	513
3 Engrenages produisant un mouvement rectil. alternatif.	1 Roue et crémaillère.	18	26	514
	2 Pig. ordinaire et châssis denté intérieurement .	17	16	515
	3 Pig. ordinaire et châssis denté extérieurement .	18	30	516
	4 Pig. denté sur une demi-épaisseur et en deux sens, engrenant avec un châssis denté intér.	19	13	517
	5 Châssis denté intér. et roue à demi-dentée. . .	17	2	518
	6 Crémaillère et roue à demi-dentée.	16	13 et 14	519
	7 Deux lant. à demi-garnies agis. sur deux crém.	17	3	520
	8 Deux roues à demi dentées, lanternes et crémaillère.	16	26	521
	9 Roues à demi dentées, lanternes, roue dentée, vis et balancier.	17	4	522
	10 Lanterne, roues demi-dentées, vis sans fin et crémaillères.	17	5	523
	11 Roue et deux crémaillères.	19	7	524
	12 Pignon et deux roues à manivelle.	19	12	525
	13 Pignon, segment de roue et crémaillère. . . .	19	16, 17 et 22	526
	14 Segmens de roue et leviers.	20	21	527
	15 Étoile et levier courbe.	16	23	528
GENRE DEUXIÈME. — *Excentriques.*				
1 Excentriques proprement dits..		16	7	530
2 Manivelles	1 Manivelle simple.	16	1, 6 et 11	532
	2 Manivelle double.	16	2	533
	3 Manivelle triple.	16	3 et 4	534
	4 Manivelle à longueur changeante.	16	5	535
	5 Manivelle à rouleau.	19	20 et 21	537
	6 Manivelles composées disposées circulairement.	22	6 et 7	538
	7 Manivelles composées disposées en ligne directe.	22	8	539
GENRE TROISIÈME. — *Plans curvilignes et inclinés.*				
1 Courbes tournantes.	1 Ovales du chevalier *Morland*.	16	17	553
	2 Courbes de *Deparcieux*.	21	22 et 23	544
	3 Cercle excentrique tournant.	22	25	554
	4 Rainure circulaire excentrique.	17	7	555
	5 Cylindre à double rainure spirale.	17	15	556

ORDRE TROISIÈME. — *MODIFICATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — LEVIERS.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Leviers où le point de rotation est intermédiaire.*				
1 Leviers simples	1 Levier droit	»	»	665
	2 Levier courbe	23	1	665
	3 Levier à roulette	23	2	*Id.*
2 Leviers composés		23	1	666
GENRE DEUXIÈME. — *Leviers où la puissance est intermédiaire.*				
1 Leviers simples		»	»	667
2 Leviers composés		»	»	667
GENRE TROISIÈME. — *Leviers où la résistance est intermédiaire.*				
1 Leviers simples		»	»	668
2 Leviers composés		»	»	668

CLASSE DEUXIÈME. — TREUILS.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Treuils verticaux.*				
1 Cabestan fixe	1 Cabestan tournant sur un axe fixe	23	14	672
	2 Cabestan tournant dans des gorges fixes, à un seul fût	23	16	673
	3 Cabestan à deux fûts	»	»	674
GENRE DEUXIÈME. — *Treuils horizontaux.*				
1 Treuils simples		23	10, 15 et 17	675
2 Treuils composés	» Treuil combiné avec des engrenages	»	»	675
	2 Treuil combiné avec un autre treuil	23	18	675
	3 Treuil combiné avec des moufles	23	27	»
	4 Treuil combiné avec une corde qui agit sur l'extrémité du levier	23	28	»
3 Treuils à deux parties	1 Treuil à parties réunies	23	8	677
	2 Treuil à parties séparées	23	9	678

CLASSE TROISIÈME. — POULIES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Poulies à un rang de rouets.*				
1 Poulies à un seul rouet	1 Poulie estropée à chape, axe et rouet de bois	»	»	681
	2 Poulie à chape de bois, axe de fer, rouet de cuivre et à bande de fer	»	»	683
	3 Poulie à chape de fer, axe de fer et rouet de cuiv.	»	»	684
	4 Poulie à chape ouverte	»	»	685
2 Poulies à plusieurs rouets	1 Poulie à deux rouets	23	24 et 25	685
	2 Poulie à trois rouets	»	»	685
	3 Poulie à quatre rouets	»	»	686
	4 Palans combinés avec un autre palan	23	26	»

ORDRE TROISIÈME. — *MODIFICATEURS.*

CLASSE TROISIÈME. — POULIES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Parag.
GENRE DEUXIÈME. — *Poulies à plusieurs rangs de rouets.*				
1 Poulies dont les rouets du rang inférieur ont un plus petit diamètre que les autres.		23	11	688
2 Poulies dont les rouets sont disposés en échiquier.		23	12	689
3 Poulies dont l'axe inférieur croise perpendiculairement le supérieur.		23	13	690

CLASSE QUATRIÈME. — ROUES MODIFICATRICES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Roues modifiant la vitesse uniformément.*				
1 Roues combinées entre elles.	1 Combinaisons de deux seules roues	23	20	694
	2 Combinaisons de plusieurs roues	»	»	695
2 Combinaisons d'une roue avec des leviers	1 Leviers à griffes de *Lagarousse*	23	4, 5, 6 et 7	697
	1 Leviers à griffes de *Pérault*	21	24	698
3 Combinaisons de roues et vis sans fin		23	19	699
GENRE DEUXIÈME. — *Roues modifiant la vitesse avec une variabilité déterminée.*				
1 Combinaisons de bascules et de roues dentées.		26	18, 19 et 20	700
2 Roues de *Roemer*.		22	18	701
3 Cône à cannelures spirales, combiné avec un cylindre.		26	16	702

CLASSE CINQUIÈME. — VIS ET COINS.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Vis.*				
1 Vis simples.	1 A filet triangulaire.	21	25	704
	2 A filet carré.	21	26	*Id.*
	3 A écrou fixe.	18	21	*Id.*
	4 A écrou mobile horizontalement	18	15	*Id.*
	5 A écrou mobile verticalement	18	16	*Id.*
	6 Vis à plateaux et à rouleaux.	23	22	»
2 Vis composés.	1 Vis à trois parties, de M. *Prony*	23	23	704
	2 Vis à engrenage.	23	21	703
3 Corde sans fin, dont les branches sont repliés en spirale au moyen d'un levier.		23	31	»
GENRE DEUXIÈME. — *Coins*		»	»	705

CLASSE SIXIÈME. — PRESSES HYDRAULIQUES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE UNIQUE. — *Presses inventées par* Pascal *et modifiée par* Bramah.		23	29 et 30	706

ORDRE QUATRIÈME. — *SUPPORTS.*

CLASSE PREMIÈRE. — SUPPORTS ROTATIFS.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Supports rotatifs dans un sens déterminé.*				
1 Crapaudines ou supports des axes verticaux.		14	5	715
2 Supports des axes horiz. mob.	1 Support à rainure.	»	»	717
	2 Support à tige	14	30	718
	3 Support à couvercle	14	33 et 34	719
	4 Support à couvercle bridé	14	36	720
	5 Support à languettes	14	25	721
	6 Support à roulettes.	31	22	722
	7 Support de bois à couvercle.	24	2	»
	8 Support tournant à lunettes pour les tours.	24	5	»
	9 Support à vis et à touches pour les tours.	25	36, 37, 38, 42, et 43	»
3 Axes supports		»	»	723
GENRE DEUXIÈME. — *Supports rotatifs qui permettent aux organes de tourner en deux sens.*				
1 Joints brisés simples	1 Joints brisés à cercles concentriques	14	14 et 15	725
	2 Joints brisés à étriers.	14	3[illegible]	726
2 Doubles pivots		14	10 et 11	727
GENRE TROISIÈME. — *Supports qui permettent aux organes de tourner en tout sens.*				
1 Une boule renfermée entre deux cavités sphériques		»	»	728
2 Joints brisés composés.		25	30	729

CLASSE SECONDE. — SUPPORTS LOCOMOBILES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Supports qui favorisent un mouvement de translation dans un seul sens.*				
1 Supports à coin.	1 Coins à engrenage.	25	2 et 3	733
	2 Coins à écrou interne	25	4	734
2 Supports à coulisse	1 Support à mouvement latéral.	14	32	735
	2 Support suspendu	14	27 et 29	736
	3 Support poussé de bas en haut par une vis	14	26	737
	4 Tiges à support.	14	37	738
	5 Support à crémaillère	25	7	739
	6 Support à oreilles.	14	8 et 9	740
	7 Support à vis simples.	25	1	741
	8 Support à engrenage et à étrier.	25	18 et 19	742
	9 Supports suspendus à vis	25	14	743
	10 Support des meules horizontales.	25	11, 12 et 13	744
	11 Support à leviers	24	21	745
	12 Supports à griffes.	25	9 et 10	»

ORDRE QUATRIÈME. — *SUPPORTS.*

CLASSE DEUXIÈME. — SUPPORTS LOCOMOBILES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Supports qui favorisent un mouvement de translation dans un seul sens* (Suite).				
3 Supports tournans	1 Grue tournante à levier	25	39	746
	2 Grue à engrenage et à poulie	25	44	747
	3 Axe appuyé contre un plateau tournant	21	21	748
	4 Support tournant à ressort et à poids	24	6 et 7	749
4 Supports à chariot horizontal		25	15, 16, 20, 40 et 41	750
5 Supports à chariot vertical		19	24	
GENRE DEUXIÈME. — *Supports qui permettent des mouvemens de translation en divers sens.*				
1 Supports d'instrumens destinés à tracer des courbes.	1 Règles à rainure, de M. la *Condamine*	22	19 et 20	752
	2 Règles à roues dentées	22	21	755
	3 Règ. appuyées sur des surfaces courbes tourn.	22	15	756
	4 Plume géométrique de *Suardi*	22	22	757
	5 Mécanisme pour tracer les spirales	22	23, 24 et 25	762
2 Supports d'organes qui n'ont que de simples mouvem. de translation rectiligne.	1 Organe retenu par plusieurs vis	24	8	765
	2 Support à double coulisse	24	11 et 12	766
	3 Support à ovale	24	10	767
	4 Support à rosettes	24	15	768

CLASSE TROISIÈME. — SUPPORTS TENACES.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Étaux.*				
1 Étaux simples	1 Étau à chevalet	24	4	770
	2 Étau à coins	24	1	771
	3 Étau à crans	24	8 et 9	»
	4 Étau à barre fixe	25	5 et 6	»
2 Étaux à mâchoire	1 Étau fixe	24	16	772
	2 Étau à main	24	17	772
3 Étaux à vis		24	14 et 22	773
4 Étaux à leviers	1 Étau à levier et à vis	24	18	774
	2 Étau à coin	24	19 et 20	775
5 Mandrins	1 A vis	24	3	776
	2 A coulisse	25	21 et 22	»
GENRE DEUXIÈME. — *Tenailles.*				
1 Tenailles à main		24	de 23 à 36	777
2 Tenailles à tige mobile		24	de 37 à 45	778
3 Tenailles à chariot		24	46	779
GENRE TROISIÈME — *Bobines et dévidoirs.*				
1 Bobines		25	de 23 à 28, et de 31 à 35	»
2 Dévidoirs		24	de 56 à 59	»

ORDRE CINQUIÈME — *RÉGULATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — MODÉRATEURS

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Volans.*				
1 Volans à lentilles ou à roues		26	13	785
2 Volans à palettes		»	»	»
GENRE DEUXIÈME. — *Compensateurs qui corrigent de grandes irrégularités.*				
1 Condensateurs de forces		31	1 et 2	788
2 Fusées		26	16, 30 et 31	798
3 Courbes tournantes		31	4	800
4 Contre-poids variables		13	18 et 19	807
GENRE TROISIÈME. — *Compensateurs qui rendent le mouvement uniforme et règlent en même temps sa vitesse.*				
1 Échappemens à recul	1 Échappement à roue de rencontre	30	5	826
	2 Échappement à ancre	26	22	827
	3 Échappement à deux leviers	30	6	828
2 Échappemens à repos	1 Échappement à chevilles	26	25	830
	2 Échappement à repos et à ancre par *Graham*	30	7	832
	3 Échappement à cylindre	26	24	834
3 Échap. à vibrations libres	1 Échappement de *Mudge*	30	3	839
	2 Échappement de *Berthoud*	26	27	840
4 Échappemens à remontoir	1 Échappement à remontoir pour les pendules par M. *Breguet*	26	28	842
	2 Échappement à remontoir pour les montres par M. *Breguet*	26	29	844

CLASSE DEUXIÈME. — DIRECTEURS.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Stateurs.*				
1 Stateurs réguliers	1 Régulateur d'une machine à vapeur	27	1, 2 et 3	850
	2 Machine à fendre les roues	30	2	857
	3 Machine de *Ramsdem*	30	1	864
	4 Plate-forme à fendre et à diviser de M. *Petit-Pierre*	»	»	870
2 Stateurs dont les suspensions variables sont cependant assujetties à des lois fixes	1 Quadrature d'une répétition	28	1 et 2	873
3 Stateurs variables et libres qui produisent simultanément une suspension dans un sens et un renouvellement de mouvement dans un autre sens	1 Engrenage à fourchette mobile de M. de *Prony*	27	6	877
	2 Engren. à fourchette mobile de M. *Bettancourt*	27	8	881
	3 Anneaux à cliquets de *Berthelot*	31	3 et 11	882
	4 Verrou simple	17	14	883
	5 Axe à deux verroux	26	14 et 15	884
	6 Tenaille à plans inclinés	17	13	885
4 Stateurs libres qui ne produisent qu'une simple suspension	1 Mécanisme pour dételer un cheval	31	12	886
	2 Frein pour arrêter une roue	31	5	»
	3 Poulie à frein de M. *Fyot*	»	»	887
	4 Poulie à frein excentrique	31	13	*Id.*
	5 Roue dentée à freins extérieurs	31	9	888
	6 Roue dentée à freins intérieurs	31	6 et 7	889

ORDRE CINQUIÈME. — *RÉGULATEURS.*

CLASSE DEUXIÈME. — DIRECTEURS.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Parag.
GENRE DEUXIÈME. — *Limitateurs.*				
1 Limitateurs qui font varier les dimensions d'un organe.	1 Poulie à périphérie changeante au moyen d'un engrenage.	26	11 et 12	891
	2 Poulie à périphérie changeante au moyen de deux plateaux à rainures.	26	9 et 10	892
2 Limitateurs qui règlent l'étendue des vibrations dans les mouvemens alternatifs.	1 Au moyen d'une simple vis.	20	20	»
	2 Au moyen de deux plaques à vis.	20	16 et 17	*Id.*
	3 Au moyen d'un ressort réacteur bandé par une vis.	13	13	*Id.*
3 Limitateurs qui règlent la vitesse ou la force d'une mach.	1 Limitateurs de la force d'une machine à vapeur.	31	10	896
	2 Pendule conique de *Watt.*	27	4	899
GENRE TROISIÈME. — *Des directeurs proprement dits.*				
1 Horloges à équation.		30	4	901

CLASSE TROISIÈME. — CORRECTEURS.

ESPÈCES.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Correcteurs qui diminuent les frottemens.*			
1 Flotteurs.	31	14	908
2 Supports à roulettes tournantes.	31	22	*Id.*
3 Lanterne à fuseaux creux remplis de graisse.	22	14	*Id.*
GENRE DEUXIÈME. — *Correcteurs qui maintiennent la perpendicularité.*			
1 Correcteurs des tractions qui partent du même point.	20	15	909
2 Cordes directrices.	21	16	910
3 Correcteur par M. *Bonemel.*	31	15 et 16	911
4 Roulettes directrices.	18	28	»
GENRE TROISIÈME. — *Correcteurs pour amortir les chocs.*	26	1	»

ORDRE SIXIÈME. — *OPÉRATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — OPÉRATEURS PAR LOCOMOTION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Opérateurs agissant sur l'air.*				
1 Trompes	1 Trompes de mariotte	29	17	916
	2 Trompes des Pyrénées	29	16 et 21	917
	3 Trompes des Alpes	29	19, 20 et 22	919

ORDRE SIXIÈME. — *OPÉRATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — OPÉRATEURS PAR LOCOMOTION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Opérateurs agissant sur l'air* (Suite).				
2 Soufflets	1 Outres	»	»	920
	2 Soufflet conique	29	6	921
	3 Soufflet à prisme quadrangulaire	29	13	*Id.*
	4 Soufflet en forme de coin, à parois en cuir	29	1 à 5, 8 à 10	*Id.*
	5 Soufflet en forme de coin, à parois de bois	29	7	922
	6 Soufflet à deux soupapes	29	8	923
	7 Soufflets à parois inflexibles mus dans l'eau	29	11 et 12	924
	8 Machine soufflante, à deux tuyaux	29	30	925
	9 Machine soufflante à trois tuyaux	32	1	926
	10 Machine soufflante de M. *Baader*	29	26	927
	11 Machine soufflante à tuyau flexible	32	3	928
	12 Machine soufflante à parois inflex. et à frottem.	29	9	929
	13 Soufflet de bois	29	14 et 15	930
	14 Soufflets cylindriques	29	24, 28 et 29	931
	15 Soufflets en bois à caisse quadrangulaire	29	27	932
	16 Soufflets en marbre	29	23	933
GENRE DEUXIÈME. — *Opérateurs qui agissent sur les liquides.*				
1 Seaux	1 Seaux à main et échoppes	34	1 et 2	946
	2 Noria	34	7 et 11	947
	3 Chapelet vertical	34	4 et 5	948
	4 Chapelet oblique	34	17	949
	5 Roues à pots	34	20	950
	6 Seau qui se vide par lui-même	34	3	*Id.*
	7 Seau flexible	36	1	951
	8 Vis d'*Archimède*	34	15	*Id.*
	9 Vis à la hollandaise	34	16	*Id.*
2 Pompes	1 Pompe aspirante	36	2	953
	2 Pompe foulante	36	5	*Id.*
	3 Pompe aspirante et foulante	36	3	*Id.*
	4 Pompe foul. dont le pist. se meut du bas en haut	36	4	*Id.*
	5 Pompe aspirante et foulante, à tuyaux accolés	36	7	*Id.*
	6 Pompes à deux pistons	36	6	*Id.*
	7 Pompe à piston et à cylindre mobiles	36	8	*Id.*
	8 Pompe à aspir. continue, ayant un seul cylindre	36	9	*Id.*
	9 Pompe à aspirat. continue, ayant deux cylindres	36	10	*Id.*
3 Machines à compression d'air	1 Fontaine de *Héron*	34	9	955
	2 Machine de *Schemnitz*	34	21	956
	3 Machine de M. *Boswell*	34	22	957
	4 Machines de M. *Manoury*	»	»	958
4 Siphons	1 Siphon simple	33	3	959
	2 Machine de *Detrouville*	34	14	960
	3 Siphon de M. *Lebrun*	34	13	961
	4 Siphon et flotteur de M. *Thiville*	34	9	962
5 Machines à colonne d'eau		34	18 et 19	963

ORDRE SIXIÈME. — *OPÉRATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — OPÉRATEURS PAR LOCOMOTION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE DEUXIÈME. — *Opérateurs qui agissent sur les liquides* (Suite).				
6 Beliers	1 Belier simple de *Mongolfier*	33	1	965
	2 Belier à réservoir d'air	33	2	*Id.*
	3 Belier à réservoir d'air sphérique	33	4	*Id.*
	4 Belier à tuyau curviligne	33	8 et 9	*Id.*
	5 Belier à double effet	33	5 et 6	*Id.*
	6 Belier aspirateur	33	10 et 11	*Id.*
	7 Belier mobile à rotation horizontale	33	18, 19 et 33	*Id.*
	8 Belier à mouvement circulaire vertical	33	20 et 21	*Id.*
	9 Belier serpentin	33	13	*Id.*
	10 Tuyau tournant	33	12	*Id.*
	11 Canne hydraulique	34	12	*Id.*
7 Locomoteurs agissant sur des liquides brûlans	1 Poches métalliques	32	10	966
	2 Chandière suspendue à une potence mobile	32	15	*Id.*
	3 Chaudière tournante armée d'un levier	32	14	*Id.*
GENRE TROISIÈME. — *Opérateurs agissant sur des corps solides.*				
1 Opérateurs sur des plans inclinés ou horizontaux		»	»	968
2 Opérateurs élévateurs		»	»	969
GENRE QUATRIÈME. — *Opérateurs agissant sur des substances peu adhérentes.*				
1 Agitateurs	1 Patouillet	32	24 et 25	969
	2 Cribles, blutoirs et tamis	32	12, 13, 16, 20 et 28	*Id.*
	3 Archet des chapeliers	32	27	*Id.*
	4 Pelles et pioches	32	21, 22 et 23	*Id.*
	5 Agitateurs tournans	32	17, 18 et 19	*Id.*
2 Dragues et machines à curer		32	26	*Id.*

CLASSE DEUXIÈME. — OPÉRATEURS PAR PRESSION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Cylindres compresseurs.*				
Cylindres compresseurs	1 Cylindre locomobile	37	1	972
	2 Machine à cylindres superposés et à treuils	37	6	973
	3 Laminoirs à cylindres plats	37	15, 16, 17 et 18	974
	4 Laminoirs à cylindres creusés	37	25 et 26	975
	5 Cylindres forgeurs	37	24	976
	6 Cylindre à broyer le chocolat	»	»	980
	7 Cylindres gravés	37	28 et 29	983
	8 Mulettes	37	21	984
	9 Cylindres verticaux	37	20	985
GENRE DEUXIÈME. — *Plans compresseurs.*				
1 Truelles		37	2	987
2 Calandres		38	25	988

ORDRE SIXIÈME. — *OPÉRATEURS.*

CLASSE DEUXIÈME. — OPÉRATEURS PAR PRESSION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE TROISIÈME. — *Presses.*				
1 Presses à leviers.	1 Leviers à poids	37	12	989
	2 Pressoirs à vis verticale et à levier.	37	8, 10 et 11	*Id.*
	3 Pres. à vis vertic. combiné avec un cabestan.	37	9	*Id.*
	4 Pressoirs à vis horizontale et à engrenage.	37	7	*Id.*
2 Presses hydrauliques.		23	29 et 30	706
GENRE QUATRIÈME. — *Filières.*				
1 Filières à tenailles.		37	13 et 14	993
2 Filières à bobines.		24	49, 54, 50, et 55	1000
3 Filières cylindriques.		»	»	1003
GENRE CINQUIÈME. — *Dilatatoirs.*		37	3, 4 et 5	1004

CLASSE TROISIÈME. — OPÉRATEURS PAR FROTTEMENT.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Parag.
GENRE PREMIER. — *Limes.*				
1 Limes proprement dites.		39	1, 2, 3, etc.	1007
2 Râpes creuses.		39	6	1010
3 Chardon à bonnetier ou à foulon.		39	12 et 13	1011
GENRE DEUXIÈME. — *Meules.*				
1 Meules à aiguiser.		39	19, 20, 23, 28 et 32	1012
2 Meules à pulvérisation.	1 Meules horizontales à monture.	38	15, 16 et 17	1013
	2 Meules échancrées.	38	18, 20, 19, 21	1014
	3 Meules cylindriques verticales.	39	de 33 à 36	1015
	4 Meules coniques verticales.	38	1	1016
GENRE TROISIÈME. — *Polissoirs.*				
1 Polissoirs de corps sphériques.		38	4 et 7	1018
2 Poliss. de corps cylindriques.	1 A plateaux mobiles { mus par des hommes.	39	29	1022
	{ mus par une roue hydraulique.	39	26, 30, 27, 31	1023
	2 Polissoirs à plateaux fixes.	39	25	1024
3 Polissoirs de surfaces planes.	1 Polissoirs à main.	38	5, 13 et 14	1025
	2 Polissoir à ressort.	38	6	*Id.*
	3 Polissoir à corde croisée.	38	22	*Id.*
	4 Polissoir à manivelle et à rochet.	38	23	*Id.*
	5 Polissoir à roue tournante.	38	10	*Id.*
	6 Machine à polir les glaces de *S. Ildefonse*.	38	11	*Id.*
	7 Polissoir à ressort et à arc.	38	8 et 9	*Id.*
4 Polissoirs de surfaces courbes.	1 Polissoirs à poids.	38	12	1026
	2 Polissoirs à cylindres tournans.	38	2 et 3	*Id.*
	3 Brunissoirs à manivelle.	38	24	*Id.*
	4 Brunissoir à main.	39	7	*Id.*
	5 Brosse cylindrique tournante.	39	21	*Id.*
	6 Meule de bois.	39	22	*Id.*

ORDRE SIXIÈME. — *OPÉRATEURS.*

CLASSE QUATRIÈME. — OPÉRATEURS PAR PERCUSSION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Verbérateurs.*				
1 Marteaux à main		35	de 1 à 13	1029
2 Ordons	1 Ordons à bascule	35	14	1031
	2 Ordons à soulèvement et à ressort	35	15	1032
	3 Ordons à soulèvement sans ressort	35	16	1033
3 Maillets de fouleries	1 Maillets verticaux à mouvement rectiligne	41	16	1034
	2 Maillets à suspension vertic. et à mouv. altern.	41	17	*Id.*
	3 Maillets à suspension horizontale	41	1, 18 et 19	*Id.*
4 Pilons	1 Demoiselles	41	6 et 7	1035
	2 Pilons à mortier simple	35	49	*Id.*
	3 Pilons à mortier et à arc	41	15	*Id.*
	4 Bocards	41	9 et 10	*Id.*
	5 Bocards tournans	41	20 et 25	*Id.*
	6 Pilons compresseurs	37	23	*Id.*
	7 Battoirs	35	29, 30 et 31	*Id.*
5 Verges	1 Verges à ressorts et à segmens dentés	41	23	1036
	2 Verge à coin	41	22	*Id.*
	3 Verge à courroie	41	13 et 14	*Id.*
6 Moutons ou beliers	1 Belier horizontal	41	8	1037
	2 Mouton oblique	41	12	*Id.*
	3 Mouton vertical à tiraude	41	11	*Id.*
	4 Mouton vertical à déclic	17	13 et 14	*Id.*
	5 Mouton vertical et à plan incliné	31	8	*Id.*
7 Verbérateurs à vis	1 Machine monétaire	35	61 et 62	1038
	2 Emporte-pièce à vis	41	21	*Id.*
8 Peignes des tisserands	1 Peigne ovale	41	30 et 31	1039
	2 Peigne à queue	41	26 et 27	*Id.*
	3 Peigne à châssis ordinaire	41	28	*Id.*
	4 Grand peigne à châssis	41	32	*Id.*
	5 Peigne à denture interrompue	41	29	*Id.*
GENRE DEUXIÈME. — *Réacteurs.*				
1 Enclumes et bigornes		35	de 20 à 48	1040
2 Étampes ou estampes		37	22 et 27	*Id.*
GENRE TROISIÈME. — *Organes intermédiaires entre les verbérateurs et les réacteurs.*				
1 Coins gravés		»	»	*Id.*
2 Poinçons		»	»	*Id.*

CLASSE CINQUIÈME. — OPÉRATEURS PAR SÉPARATION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	Planch.	Figures.	Paragr.
GENRE PREMIER. — *Séparateurs des matières peu adhérentes.*				
1 Rateaux, herses, loups	1 Rateau simple	»	»	1042
	2 Herse triangulaire	42	3	*Id.*
	3 Herse quadrangulaire	42	4	*Id.*
	4 Herse tournante	42	19 et 20	*Id.*
	5 Loup	42	5 et 6	*Id.*

ORDRE SIXIÈME. — *OPÉRATEURS.*

CLASSE CINQUIÈME. — OPÉRATEURS PAR SÉPARATION.

ESPÈCES.	VARIÉTÉS.	INDICATION DES Planch.	Figures.	Pages.
GENRE PREMIER. — *Séparateurs des matières peu adhérentes* (Suite).				
2 Cardes.	1 Carde à main.	42	1 et 2	1043
	2 Cardes mécaniques.	42	16	*Id.*
3 Charrues.		42	17 et 18	*Id.*
4 Machines pour dépouiller le riz de son écorce.		42	10 et 14	*Id.*
GENRE DEUXIÈME. — *Séparateurs par percussion.*				
1 Sabres.		40	13	1044
2 Faux.		40	11	*Id.*
3 Faucille.		40	12	*Id.*
4 Haches.		40	7, 9 et 10	*Id.*
5 Emporte-pièce.		40	15 et 16	*Id.*
6 Ciseaux des sculpteurs.		40	4	*Id.*
7 Ciseaux à pilon.		42	11, 45, 46, 47	*Id.*
GENRE TROISIÈME. — *Séparateurs par pression.*				
1 Couteaux.		42	12, 13, 24 à 33, 35 à 37	1045
2 Cisailles.		42	21, 26 et 29	*Id.*
GENRE QUATRIÈME. — *Opérateurs par frottement.*				
1 Scies.	1 Scies à mains.	40	de 17 à 22	1046
	2 Scies mécaniques.	40	26, 29 et 37	*Id.*
2 Varlopes.		40	41	*Id.*
GENRE CINQUIÈME. — *Foreurs.*				
1 Sondes.		42	23 et 38 à 44	*Id.*
2 Forets.		40	de 30 à 35	*Id.*
3 Vrilles et fraises.		40	1, 2, 3, 5 et 6	*Id.*
4 Alesoirs.		40	de 42 à 47	*Id.*

FIN DES TABLEAUX SYNOPTIQUES.

ERRATA.

Page.	Ligne.	Au lieu de :	Lisez :
52	21	point *g*.	point *g'*.
52	22	parallèles.	parallèle.
69	17	soulever le second.	soulever le seau.
76	30	la plus apte.	le plus apte.
102	2	si la soupape C.	si la soupape C',
130	20	à l'axe c.	à l'axe C.
131	25	ressort *o p g*.	ressort *o p q*.
134	3	186,6.	188,6.
135	26	les soupapes de service.	les pompes de service.
142	1	en *b*.	en *b'*.
142	18	de la table 191.	de la table (191).
150	14	autour.	au tour.
153	24	tuyau 5.	tuyau 6.
156	dernière	de la tige *r*.	de le tige *r'*.
162		Chapitre VI.	Chapitre IV.
174	18	de la queue *q*.	de la queue *q* (fig. 4).
177	13	collet 4.	collet A.
188	15	fig. 3.	fig. 5.
189	13	Cogniard-Latour.	Cagniard de Latour.
191	19	*Id.*	*Id.*
192	2	*Id.*	*Id.*
209	18	le figure de.	la figure 10 de.
220	10	A B D et E C D.	A C D et E C B.
223	2e. variété	*extérieurement.*	*intérieurement.*
225	2	*roue dentée.*	*crémaillère.*
276	4e. variété	4e. variété.	4e. variété (*bis*).
304	2	représente.	représentent.
305	6e. variété	fig. 29.	fig. 22.
307	25	le fixer.	le fixer.
318	5	pièce K.	pièce *k*.
318	10	boîte *b'*.	boîte *b*.
318	29	qui décrira.	que décrira.
339	1re. espèce	fig. 5.	fig. 8.
352	23	S⁴ S³.	S⁴ S⁵.
370	3e. variété	fig. 3 et 4.	fig. 3 et 11.
371	3	fig. 6.	fig. 7.
378	26	fig. 2.	fig. 4.
379	19	Pl. 30, fig. 2.	Pl. 30, fig. 4.
380	1	fig. 2.	fig. 4.
387	8	la fig 20.	la fig. 22.
400	29	*k* et *m*.	K et *m*.
404	27	fig 10 et 11	fig. 10.
424	27	Pl. LIX.	Pl. XLI.

DE LA COMPOSITION
DES MACHINES.

LIVRE PREMIER.

Des Moteurs.

CHAPITRE PREMIER.

Des Moteurs animés.

1. L'EFFORT que les moteurs animés en général, et que les hommes en particulier, peuvent exercer sur les machines, est produit, ou par la force musculaire, ou par le poids de leur corps, ou enfin par le concours simultané de ces deux forces. Quelle que soit cependant la manière dont l'effort est produit, il résulte de la combinaison de trois élémens qu'il importe de bien distinguer : 1°. la pression ou traction, 2°. la vitesse imprimée par cette pression ou traction, 3°. la durée de l'action, qui dépend elle-même de la fatigue éprouvée par l'agent-moteur.

2. L'effort est momentané ou continu. S'il est momentané, la courte durée de l'action permet de donner aux deux autres élémens toute l'intensité dont ils sont susceptibles. S'il est continu, c'est-à-dire, s'il se prolonge pendant des journées entières, alors ces élémens sont nécessairement modifiés par la durée de l'action ; et l'effort continu, comparé, à égalité de circonstances, dans un même laps de temps, à l'effort momentané, doit toujours lui être inférieur. Le rapport entre ces deux efforts varie dans les divers cas, mais l'expérience semble indi-

quer qu'ordinairement l'effort continu est à peu près le tiers du momentané.

3. La pression ou traction, la vitesse, la durée de l'action peuvent dans chaque cas avoir une infinité de valeurs relatives différentes; mais toutes les combinaisons de ces valeurs ne sont pas également avantageuses : il en existe une entre elles, qui donne le plus grand produit possible, que l'on désigne sous le nom de *maximum*. La théorie, sans l'expérience, est insuffisante pour déterminer ce maximum, et l'expérience, dans ce cas et dans tous ceux qui concernent l'effort continu, ne peut être d'une utilité réelle, et ne peut donner de résultats positifs; 1°. si elle ne s'exerce directement sur les machines mêmes ou sur les organes mécaniques dont on veut connaître l'effet; 2°. si elle n'est prolongée régulièrement pendant plusieurs journées entières de travail; 3°. si l'on n'y a employé successivement plusieurs individus de force analogue; 4°. si enfin le travail n'a été surveillé consciencieusement avec toute l'attention et l'assiduité possibles. A ces quatre conditions il serait important d'en ajouter une cinquième, qui n'est pas cependant indispensable. Cette utile condition consisterait dans l'emploi de plusieurs machines de même espèce, sur chacune desquelles on renouvellerait les expériences.

4. Cette méthode expérimentale est sans doute longue et coûteuse, elle exige une persévérance peu commune, mais elle est la seule qui puisse contribuer avec efficacité au perfectionnement de cette branche importante de la mécanique, qui, maintenant dépourvue de données positives, est dans un état d'imperfection qui réclame vivement les soins des savans qui ont pour but de rendre leurs travaux utiles à la société. L'homme, employé comme moteur mécanique, produit son action de deux manières différentes : 1°. en demeurant toujours à la même place; 2°. en donnant à son corps un mouvement de translation.

Il opère de la première manière lorsqu'il tire ou pousse verticalement du haut en bas ou du bas en haut, et lorsque, étant assis ou ayant le corps appuyé contre un objet fixe, il tire ou pousse horizontalement et obliquement par l'intermède de la force musculaire de ses bras ou de ses jambes.

5. Il y a deux espèces de pressions ou de tractions; *l'absolue* et la *relative*. La première exclue la vitesse et ne produit qu'une sorte d'équilibre, elle est, dans chaque manière d'agir, la plus forte qu'un individu puisse exercer; c'est elle qui est indiquée par le dynamomètre, lorsque la personne qui expérimente sa force au moyen de cet instrument, y concentre toute sa vigueur. La *relative*, combinée avec la vitesse, est modifiée par elle; sa valeur, toujours moindre que celle de l'absolue, suit la proportion inverse des degrés de vitesse.

6. Lorsqu'un homme, sans changer de place, tire ou pousse, soit dans une direction verticale du haut en bas ou du bas en haut, soit dans une direction horizontale ou oblique, il agit par la force musculaire de ses bras; et, comme dans ces quatre espèces d'actions, la cause opératrice est identique, on peut en conclure que l'effet résultant est le même à égalité de circonstances. Le poids du corps coopère à l'action dans les tractions, verticale du haut en bas, horizontale et oblique; mais cette coopération n'augmente ni ne diminue l'effet produit par la seule force musculaire; car il est évident que le poids agissant doit être indispensablement soutenu par une portion équivalente de la force musculaire, et que cette portion cesse alors de contribuer directement à la traction. Ainsi, dans les quatre cas désignés, la pression ou la traction dépend entièrement de la force musculaire; c'est elle qui la produit, et c'est elle qui l'entretient; le poids du corps ne possède qu'une force inerte qui doit à la force musculaire toute sa faculté motrice.

7. Mais, dans ces mêmes cas, quelles sont les valeurs des pressions ou tractions, absolue et relative? Nous n'avons pas un assez grand nombre d'expériences positives pour pouvoir les déterminer avec exactitude. Il paraît cependant, d'après quelques expériences faites avec le dynamomètre de M. *Regnier*, que la pression absolue exercée par quelques individus très-robustes équivaut à 200 ou 300 kilogrammes, et que le terme moyen est approximativement égal à 130 kilogrammes, c'est-à-dire, à un poids double de celui de l'individu qui opère. D'après les observations faites par M. *Coulomb* sur les hommes qui travaillent au mouton, dans les travaux hydrauliques, on peut évaluer la *traction relative continue* à un poids de 20 kilogrammes, élevé vingt fois à la hauteur d'un mètre pendant une minute, en supposant une durée de trois heures au travail effectif, dans une journée, déduction faite de toute espèce d'interruption et de repos. Et enfin, d'après ce que nous avons dit (2), je crois que l'on peut attribuer à la *traction relative momentanée* une valeur triple de celle que nous venons d'indiquer.

8. Il est une autre sorte de traction verticale du haut en bas, qui paraît *absolue* en apparence, et qui cependant est bien moindre que la *traction absolue réelle*. Si l'homme qui agit dans ce cas n'a aucun poids étranger sur le corps, la plus forte traction qu'il pourra exercer, sera équivalente au poids de son corps; car, agissant avec vigueur, son corps se soulève de terre, et, sans autre appui que la corde ou l'organe mécanique qui reçoit l'action, il produit le simple effet d'un corps inerte abandonné à sa force de gravité. Mais il est certain qu'un homme, quoique chargé, peut encore tirer de la même manière; il faut donc, en évaluant la force absolue réelle, ajouter au poids du corps celui de la plus grande charge qu'il peut porter, sans que cette charge l'empêche de se suspendre.

9. La force musculaire des jambes et des cuisses paraît être plus vigoureuse que celle des bras. Nous observons journellement des portefaix chargés d'un poids de 100 à 150 kilogrammes, marcher avec aisance, et nous savons que dans la marche, le corps et le fardeau sont soulevés à chaque pas par cette force musculaire des jambes et des cuisses. L'expérience nous démontre aussi que la pression absolue qu'un homme assis exerce avec ses jambes est très-vigoureuse et qu'elle équivaut au poids de 300 kilog., lorsque l'individu est robuste.

10. Si l'on parvient à faire agir simultanément la force musculaire des bras et celle des jambes, alors on produit ces sortes d'efforts extraordinaires dont quelques jongleurs savent tirer parti pour alimenter la curiosité publique. Le mécanicien peut également se servir du même moyen pour opérer dans les travaux utiles des efforts momentanés très-énergiques.

11. Dans la plupart des cas où la pression et la traction sont produites par la locomotion du corps de l'individu moteur, la force musculaire ne sert qu'à produire cette locomotion, et l'effort résulte presque uniquement du poids absolu ou relatif de l'individu. C'est ce que l'on observe toutes les fois que les hommes agissent sur les roues à tambour et à chevilles et sur les bascules, ou bien sur les plateaux mobiles et sur les échelles flexibles que j'ai inventées. On ne doit pas cependant trop généraliser cette proposition, et il est un cas qui appartient à la catégorie des *tractions par locomotion*, où l'expérience a démontré que la force musculaire ne se borne pas à produire la locomotion, mais contribue aussi à la traction simultanément avec le poids matériel du corps. C'est le cas où l'homme moteur agissant par la marche, tire ou pousse horizontalement sans faire usage de ses bras, comme quand il tire une charrette, et quand il travaille à la remonte des bateaux : il est prouvé que,

dans cette espèce de traction, l'effort qu'un homme vigoureux exerce, est supérieur à celui qui ne dépendrait que du poids relatif de son corps.

12. La vitesse, comme la pression, est absolue ou relative. L'absolue absorbe entièrement la faculté motrice de l'individu, anéantit toute pression, ou, pour mieux dire, la rend extrêmement faible; cette vitesse étant la plus grande de toutes celles que l'organisation vitale de l'individu agissant lui permette de produire, la durée n'en est que momentanée.

13. La vitesse relative se combine avec la pression. Ces deux élémens se modifient réciproquement: et ils suivent, dans leurs accroissemens et dans leurs diminutions, des proportions inverses.

14. La vitesse absolue moyenne des bras et des jambes (J'appelle *moyenne* celle qui convient à un plus grand nombre d'individus) semble être à peu près la même. L'observation indique que sa valeur est approximativement représentée par une longueur de trois mètres, parcourue en une seconde de temps. Les expériences nous manquent pour déterminer positivement la vitesse relative la plus avantageuse dans les diverses *pressions et tractions locomotives;* conséquemment nous nous bornerons à faire observer que, dans les travaux de longue haleine, les ouvriers laborieux qui agissent sur les machines, adoptent généralement la vitesse de huit décimètres par seconde.

15. Nous avons dit que la valeur des efforts continus dépend de la durée du travail, et que cette durée est elle-même dépendante de la fatigue. M. *de Prony*, dans un *Rapport* manuscrit *sur les machines de* M. *l'abbé Demandres*, qu'il a eu la bonté de me communiquer, établit une distinction très-lumineuse entre deux espèces de fatigue. « Le travail de l'homme, dit ce savant illustre, considéré quant à la fatigue qui en résulte,

produit sur son organisation deux effets qu'il faut bien distinguer; le premier est un relâchement dans les muscles et les nerfs qui sont en action, au moyen duquel ils perdent leur élasticité et finissent par n'être plus propres à remplir leurs fonctions. La seconde est un épuisement, par la transpiration insensible des principes vitaux, qui fournit la nutrition. Cet épuisement a lieu dans l'homme sain, même lorsqu'il ne travaille pas; il s'augmente beaucoup par l'exercice et le travail du corps. La première cause de fatigue est particulière à telle ou telle partie de l'individu, qu'elle affecte séparement, et dont elle peut arrêter ou diminuer la propriété agissante, sans produire le même effet sur d'autres parties. Ainsi, par exemple, un homme, après avoir agi dans une roue à timpan, a encore dans ses bras un principe d'action qui n'est pas à beaucoup près aussi diminué que celui qui existait dans les parties de son organisation qui servent à la marche. Quant à la seconde cause de fatigue, l'affaiblissement qui en résulte se communique à tout l'individu, et peut le rendre entièrement inhabile au travail, quoiqu'une seule partie de son organisation ait été agissante. M. *Lambert*, dans un *Mémoire sur la force de l'homme* (Mémoires de Berlin, 1776) et d'autres physiologistes, regardent la fatigue due à la marche, comme indépendante de celle due à l'action des bras de l'homme qui pousse ou tire, en supposant néanmoins, dans les diverses parties, une égale aptitude au travail, aptitude qui s'acquiert par l'habitude et l'exercice. Cette assertion ne saurait être prise dans une acception indéfinie, et il n'est pas présumable que M. *Lambert* ait pensé que la dépense des principes vitaux fournis par la nutrition ne soit pas augmentée lorsqu'au lieu d'une des parties de l'individu, on en met plusieurs en action. On doit donc regarder l'augmentation d'effet comme n'étant pas entièrement proportionnelle à l'aug-

mentation d'effort, à cause du plus grand épuisement des principes nutritifs, qui résulte de l'action simultanée de toutes les parties du corps; mais il faut observer : 1°. que, suivant l'opinion de physiologistes instruits, cette augmentation d'épuisement a très-probablement lieu dans un moindre rapport que l'augmentation d'effort; 2°. que la fatigue musculaire des bras et celle des jambes sont, au moins en partie, indépendantes l'une de l'autre. »

16. La meilleure des méthodes d'appliquer la force de l'homme aux machines est celle qui réunit au degré le plus éminent les conditions suivantes : 1°. que la quantité de mouvement produite soit la plus grande possible sans que l'action soit ni trop gênante, ni excessivement fatigante; 2°. que cette quantité de mouvement soit transmise, sinon dans toute son intégrité (ce qui est impossible), du moins avec un très-petit déchet; 3°. que l'agent moteur soit garanti de toute espèce d'accidens funestes; 4°. que la construction de l'organe récepteur soit à la fois simple, facile, solide, économique et d'un entretien léger; 5°. que le poids et le volume de cet organe soient les moindres possibles, sans cependant que cela nuise à aucune des considérations précédentes.

17. C'est d'après ces conditions que nous allons examiner les diverses espèces *d'organes récepteurs zooliques :* je nomme ainsi les organes qui sont destinés à recevoir l'action des êtres animés employés comme agens mécaniques. Il y a deux genres d'*organes récepteurs zooliques :* ceux mus par des hommes, et ceux mus par des animaux. Nous décrirons d'abord chaque organe, ensuite nous indiquerons les applications dont il est susceptible, et enfin nous observerons ses avantages et ses inconvéniens, en indiquant les moyens de corriger ou de diminuer ces derniers.

ORDRE PREMIER. — *RÉCEPTEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — ZOOLIQUES.

GENRE PREMIER, Mus par les hommes.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *A traction verticale du haut en bas.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Corde passée sur une poulie fixe.*

18. Deux branches descendent parallèlement. L'une d'elles est attachée au fardeau ou à la résistance quelconque que l'on veut faire mouvoir, l'autre reçoit l'action motrice de l'homme qui tire.

19. Observations. On doit donner au diamètre de la poulie une grandeur suffisante pour que la résistance que la corde oppose à sa flexion, n'absorbe pas une trop grande quantité de mouvement. Il serait à désirer que ce diamètre fût au moins douze fois plus grand que celui de la corde. Il faut que la poulie bien affermie sur son axe n'ait aucun autre mouvement que celui de rotation.

20. Applications. Élever des fardeaux de toutes les espèces, et spécialement l'eau d'un puits au moyen d'un seau. Lorsqu'on élève des fardeaux en se servant du moyen dont nous parlons, on emploie quelquefois une seule poulie, et souvent on y substitue un système de moufles. — Manœuvrer les moutons, pour battre et enfoncer les pieux dans le terrain. Dans cette dernière application, plusieurs hommes à la fois agissent sur la corde qui soutient le mouton; alors, pour qu'ils puissent travailler librement, on attache à cette corde autant d'autres cordes, de moindre grosseur, qu'il y a d'ouvriers; elles partent toutes d'un même point; elles sont conséquemment divergentes, et produisent des tractions obliques qui détruisent en pure perte une portion notable de la quantité de mouvemens transmise

par les moteurs. J'ai mis en usage avec succès un moyen de remédier à cet inconvénient; moyen que nous décrirons dans le cinquième livre.

DEUXIÈME VARIÉTÉ — *Corde attachée à un levier rotatif.* Pl. I, fig. 1.

21. Obs. Cet organe ne peut produire qu'un mouvement de dépression; il exige un contre-poids ou une autre force étrangère pour compléter l'oscillation, c'est-à-dire, pour ramener le levier à sa situation primitive, lui faisant décrire, en sens inverse, la même portion d'arc de cercle déjà parcourue. Si l'arc décrit a une certaine amplitude, on conçoit aisément que l'angle que fait la ligne de traction avec le levier, est variable, et que l'effort produit varie également. On remédie à cet inconvénient en appliquant à l'extrémité du levier une gorge circulaire de bois dont la circonférence a pour centre le centre même de rotation; cette gorge sur laquelle la corde se déploie, rectifie la variabilité.

22. Applic. Pompes hydrauliques. — Sonnerie des cloches. — Ouverture et fermeture des vannes adaptées aux coursiers et conduits d'eau. La figure 3, Pl. III, représente une application qui appartient à cette variété. C'est le chargement d'une pierre de taille sur un binard.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Double levier rotatif* ou *levier à bascule.* Pl. I, fig. 3.

23. Deux cordes sont attachées aux extrémités de ce levier à bascule; et chacune d'elles est tirée alternativement par un homme moteur, de sorte que cet organe n'exige pas, comme le précédent, une force étrangère.

Applic. Pompes et quelques autres machines hydrauliques.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Levier à tige inflexible.* Pl. I, fig. 2.

24. Cette disposition permet à un seul homme de produire, sans aucun secours étranger, l'élévation et la dépression.

25. Applic. Celles indiquées à la deuxième variété.

Obs. La variabilité de l'angle ne peut être corrigée, dans cet organe, que par des moyens trop compliqués pour qu'on puisse utilement les employer.

cinquième variété. — *Villebrequin*, ou *axe vertical de petite dimension à rotation alternative.* Pl. I, fig. 6.

26. Une corde est attachée par le milieu au point *a*, et par ses deux extrémités à la barre horizontale mobile *c c*. L'axe vertical est garni d'une masse de plomb *b*, qui fait l'office d'un volant. Pour faire agir cet organe, il faut que la corde soit enveloppée en partie autour de l'axe; alors on abaisse avec vitesse la barre horizontale; la corde, par ce mouvement, se développe; lorsqu'elle est entièrement développée, le mouvement imprimé à l'axe par l'abaissement de la barre continue encore, en vertu de la force inerte du volant, la corde s'enveloppe en sens contraire, et la barre remonte. On l'abaisse de nouveau; et ainsi de suite. Cet organe exige nécessairement un mouvement rapide.

27. Applic. Outils qui servent à trouer ou percer le bois, la pierre ou les métaux.

sixième variété. — *Axe vertical de grande dimension à rotation alternative.* Pl. II, figure 5.

28. Cet organe, dont la figure indique clairement tous les détails, n'est autre chose que la variété précédente exécutée en grand. On voit qu'on peut y appliquer un nombre indéterminé d'ouvriers.

Obs. En imaginant cet organe, j'ai pensé que l'on pourrait en faire plusieurs applications utiles surtout aux machines qui exigent le travail simultané de plusieurs hommes, car ils agissent tous avec le même avantage; et cette manière d'appliquer la force de l'homme aux machines est une des plus commodes et des moins fatigantes que l'on puisse employer.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Cordes à nœuds de* Berthelot. Pl. III, fig. 7 et 8.

29. *a a*, tambour supérieur. — *b b*, tambour inférieur dont le diamètre est plus petit. — *c c*, Cordes à nœuds tendues entre les deux tambours. — *d d d d*, hommes suspendus aux cordes à nœuds, de la même manière que les *badigeonneurs*, lorsqu'ils blanchisseut ou recrépissent les façades des maisons. Ces hommes, par leur poids, font descendre les cordes et tourner les tambours, mais leur mouvement n'est pas continu; lorsqu'ils sont descendus au point le plus bas, il faut qu'ils détachent leur siége mobile, qu'ils remontent par une échelle à la hauteur du tambour supérieur, et qu'ils accrochent ce siége où ils se placent pour descendre de nouveau; toutes ces manœuvres font perdre beaucoup de temps.

Cette méthode de faire agir l'homme par son poids n'est pas exempte de danger; le travail est irrégulier et intermittent, et l'effet produit ne peut être que très-médiocre, attendu la perte considérable de temps.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Traction verticale du bas en haut.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Té ou tige verticale à barre horizontale.* Pl. I, fig. 5.

30. L'homme moteur empoigne la barre horizontale avec ses deux mains, presse dessus, et il la releve alternativement.

Applic. Pompes hydrauliques — Instrument rural pour faire le beurre. — Grande scie verticale. (Pl. III, fig. 1.)

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Levier rotatif.* Pl. I, fig. 4 et 10.

31. La figure 4 représente un levier simple mu par un seul homme; la figure 10 représente un levier à deux branches dont les extrémités sont disposées de manière à pouvoir recevoir des barres sur lesquelles on peut faire agir plusieurs ouvriers. Par cette disposition ils agissent tous avec le même

avantage; *b b*, bras de leviers insérés dans l'axe; chacun de ces leviers porte des branches *c c*, garnies d'un anneau à leurs extrémités. C'est dans ces anneaux que passent les barres de bois *a a*, sur lesquelles les hommes agissent.

Applic. Pompes à incendie.

TROISIÈME ESPÈCE. — *A pression horizontale sans locomotion par la force musculaire des bras.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Tige horizontale qu'un ou deux hommes tirent et poussent alternativement.*

32. Applic. Scies. (Pl. III, fig. 6.) — Varlopes. — Outils à polir.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *A pression horizontale par la force musculaire des jambes.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Plan horizontal flexible.* Pl. II, fig. 6.

33. J'ai imaginé cet organe, qui me paraît, sous plusieurs rapports, préférable à ceux précédemment inventés, pour produire une pression vigoureuse par la force musculaire des jambes. Deux cordes sans fin, parallèles, passent sur deux rouleaux *c c*: entre les deux cordes sont placées plusieurs traverses en bois, destinées à recevoir la pression du moteur. Les traverses engrènent avec des tasseaux disposés sur la surface des cylindres. Au-dessus se trouve un siége inamovible, sur lequel l'homme est assis lorsqu'il doit opérer.

Obs. Cet organe peut devenir utile et avantageux dans les circonstances qui exigent un effort vigoureux, mais de courte durée; alors, avec un petit nombre d'ouvriers, on obtiendra une pression qui, par les méthodes ordinaires, en exigerait un nombre bien plus grand. Il est susceptible de recevoir simultanément l'action de plusieurs agens moteurs, agissant tous avec la même vigueur.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue horizontale à rayons.* Pl. I, fig. 12. *Plan et élévation.*

34. *a*, axe vertical; — *b b*, jantes de la roue; *f f*, rayons; — *c c*, banc sur lequel est assis l'homme qui exerce sa pression sur les rayons; — *d*, traverse contre laquelle l'homme appuie ses bras.

35. Obs. Cet organe est moins avantageux que le précédent, 1°. parce que son volume et sa pesanteur sont plus grands; 2°. si l'on doit y employer plusieurs ouvriers, ils sont nécessairement placés à des distances différentes du centre de rotation, et conséquemment leur position devient d'autant plus défavorable, qu'elle se rapproche de l'axe.

Applic. On se sert dans les arts d'un moyen analogue, lorsqu'on veut laisser à l'ouvrier la faculté d'agir avec ses mains; comme on observe, par exemple, dans les tours à potier.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue verticale à tasseaux.* Pl. I, fig. 15.

36. Cette roue jouit de la propriété qu'a le plan horizontal flexible, de recevoir l'action simultanée d'un nombre indéterminé d'hommes moteurs placés tous dans une position également avantageuse.

Applic. A des presses de diverses espèces.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Axe à chaise mobile.* Pl. I, fig. 16.

37. Plusieurs tasseaux *c c*, inamovibles, sont fixés sur le plancher, et sont disposés à égale distance, suivant la direction des rayons d'un cercle, dont le centre coïncide avec celui de rotation; une chaise *b* est soutenue par un rayon qui part de l'axe vertical *a*. L'homme moteur, étant assis, appuie ses pieds contre les tasseaux, et tourne en faisant tourner l'axe.

38. Applic. A quelques dévidoirs et à quelques machines à mouliner la soie.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *A traction ou pression horizontale locomotive.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Homme tirant au moyen d'une corde ou d'une courroie posée en écharpe sur sa poitrine.* Pl. I. fig. 11.

39. Applic. Cabestans. — Traction des charrettes. — Remonte des bateaux.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Homme poussant une barre horizontale.* Pl. I, fig. 11.

40. Applic. Cabestans. — Pressoirs à vis. — Machines à curer, de Venise. — Calandres. — Moulins. — Grand chapelet horizontal à engrenage pour les épuisemens dans les travaux hydrauliques.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Manivelles.*

41. On appelle *manivelle* en général une barre placée à l'extrémité de l'axe d'une roue, et munie d'une poignée pour être mise en mouvement par les bras d'un homme moteur, ou bien par une tige intermédiaire.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Manivelle simple.* Pl. I, fig. 7.

42. Cette manivelle, comme toutes celles que nous décrirons ensuite, a le désavantage de produire un mouvement irrégulier, occasioné par la variabilité de l'angle que fait la manivelle avec le bras de l'homme, ou avec la tige dans les variétés suivantes; on corrige l'irrégularité du mouvement au moyen d'un volant.

43. Applic. Elles sont trop nombreuses pour pouvoir être indiquées. La manivelle simple est employée presque dans toutes les petites machines qui ont l'homme pour moteur.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelle à tige mue par les pieds de l'homme.* Pl. I, figure 8.

44. Cette méthode est très-commode dans une foule d'occasions où l'homme a besoin d'agir avec ses mains.

Applic. Meules à aiguiser, etc.

troisième variété. — *Manivelle à tige et à balancier vertical suspendu.* Pl. I, figure 9.

45. *a a*, balancier; — *d*, barre empoignée par l'homme moteur; — *b b*, tige; — *c*, manivelle.

Cette méthode offre la facilité d'adapter à la barre *d* un nombre quelconque d'ouvriers qui agissent tous avec un avantage égal.

Applic. Tours de grande dimension pour travailler de fortes pièces de métal ou de bois.

quatrième variété. — *Manivelle à tige et à balancier vertical non suspendu.* Pl. II, fig. 3.

46. Le levier *a* tourne autour d'un axe dont les supports sont fixés dans le plancher; — *b*, tige, — *c*, manivelle.

La méthode précédente est plus généralement adoptée.

cinquième variété. *Manivelle à tige et à balancier horizontal.* Pl. II, fig. 9.

47. *a*, levier dont on n'aperçoit pas dans la figure l'axe de rotation; — *b*, tige; — *d*, manivelle; — *f f*, volant, — *c*, axe tournant.

Applic. Aux moulins à bras. On adapte quelquefois à une même manivelle deux leviers à tige, qui agissent alternativement.

septième espèce. — *Treuils à levier.*

première variété. — *Treuils à leviers fixes.*

48. Applications. — Élever l'eau d'un puits au moyen d'un seau. — Élever toute autre espèce de fardeau.

deuxième variété. — *Treuils à leviers mobiles.*

49. Ces treuils ont des trous vers leurs extrémités, pour re-

cevoir des barres qu'on y insère successivement. On emploie cette espèce de treuils, seulement, lorsque plusieurs hommes doivent agir à la fois pour élever un fardeau considérable.

APPLIC. Chèvres. — Grues. — Engins.

HUITIÈME ESPÈCE. — *Roues.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roue à chevilles.* Pl. I, fig. 17.

50. Cette roue, dont le rayon a ordinairement une longueur comprise entre un mètre et demi et trois mètres, est garnie, dans son pourtour, de chevilles distribuées régulièrement à des distances d'à peu près trois décimètres. L'homme moteur monte d'une cheville à l'autre comme la figure le démontre, et fait tourner la roue par le poids de son corps.

51. APPLIC. Aux chèvres, aux grues, et en général à la plupart des machines qui servent à élever des fardeaux considérables.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à tambour.* Pl. I, fig. 18 et 19. *Face et profil.*

52. Deux systèmes de roues égales et parallèles sont placés sur l'axe, à la distance d'un ou de deux mètres l'un de l'autre. Revêtues de planches à leur circonférence, elles forment une espèce de tambour dans lequel un homme chemine. Pour faciliter sa marche, des tasseaux y sont placés de distance en distance, tiennent lieu d'échelons, et l'empêchent de glisser. On conçoit aisément que le poids du corps de l'homme fait tourner la roue, et qu'il ne change pas de place quoiqu'il ne cesse de marcher.

53. APPLIC. Aux machines qui élèvent les fardeaux. — Aux machines à curer. — Aux machines à mâter, et à plusieurs autres machines de grandes dimensions, mues par les hommes.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à double force.* Pl. I, fig. 20.

54. M. *Auguste Albert* est l'inventeur de cet organe mécanique qui diffère de la roue à tambour, en ce que l'homme

marche extérieurement, et qu'à cet effet, le pourtour n'est point revêtu de planches, mais garni seulement de tasseaux éloignés l'un de l'autre d'à peu près trois décimètres, et engagés à demi-bois dans les jantes des roues. Ces tasseaux servent d'échelons. A côté de la roue, est placée une cabane *a*; — *c* plancher sur lequel l'homme se pose, lorsqu'il cesse d'agir; — *d* toit de la cabane. On voit que l'homme qui travaille, se trouve parfaitement abrité; et qu'il exerce son action de la manière la plus avantageuse, ayant continuellement pour bras de levier le rayon entier de la roue.

55. Obs. *sur ces trois variétés de roues.* Elles ont les inconvéniens suivans: 1°. d'être très-coûteuses; 2°. d'exiger un vaste emplacement; 3°. de n'être transportables d'un lieu à un autre qu'avec beaucoup de difficulté et de temps; 4°. d'être, par leur grand poids et volume, sujettes à des frottemens considérables et à d'autres résistances passives, qui absorbent en pure perte une notable portion de la quantité de mouvement fournie par l'agent moteur; 5°. de n'admettre simultanément que l'action d'un très-petit nombre d'hommes, et encore d'une manière si désavantageuse, qu'à l'exception d'un ou de deux, ils ne peuvent coopérer qu'avec une portion très-médiocre de leur force; 6°. d'avoir un mouvement irrégulier.

56. Applic. — Aux grues établies sur les ports pour décharger les bateaux — Aux engins employés dans les carrières. — Aux bateaux à remorque.

Neuvième espèce. — *Échelle flexible.* Pl. II, fig. 2.

57. J'ai inventé l'*échelle flexible et sans fin*, pour remplacer les *roues zooliques* que nous venons de décrire, en conservant toutes leurs propriétés utiles, sans en avoir les inconvéniens. Sa forme est analogue à celle des chapelets hydrauliques. Elle

est tendue entre deux tambours cylindriques dont les diamètres ont à peu près un mètre. Une hauteur de trois mètres lui suffit. Elle n'est pas parfaitement verticale; une petite inclinaison de 10 à 15 degrés en facilite la montée. Des cylindres ou échelons en bois du diamètre de 5 à 6 centimètres sont réunis parallèlement entre eux, à la distance de trois décimètres, par deux cordes insérées dans des trous pratiqués à leurs extrémités. Des nœuds formés sur ces cordes déterminent et maintiennent l'écartement des cylindres. Pour plus de solidité, on pourra substituer aux cordes, quand on le jugera convenable, des chaînes à la Vaucanson. Telle est la construction de l'échelle flexible.

58. Les tambours sont composés de deux plateaux circulaires recouverts de planches. Des tasseaux parallèles sont disposés à la distance de trois décimètres l'un de l'autre, sur la surface convexe de chaque tambour, de façon que les cylindres de l'échelle flexible font avec ces tasseaux une espèce d'engrenage continu.

59. Que l'on suppose maintenant l'échelle flexible placée sur les tambours de la manière indiquée, et que l'on suppose aussi une résistance quelconque adaptée à l'axe prolongé d'un des tambours; si un homme monte d'un cylindre à l'autre, il fera nécessairement tourner les tambours et mouvoir la résistance avec un mouvement continu et uniforme, pourvu que cette résistance soit constante. La simplicité de cet organe mécanique est telle, qu'il peut être construit par un ouvrier de la plus médiocre intelligence.

60. L'échelle flexible, comparée aux *roues zooliques*, présente les avantages suivans: 1°. un espace de trois mètres de hauteur et de deux mètres en carré de base lui suffit; tandis que la plus petite roue à tambour, ne pouvant avoir moins de quatre mètres de diamètre, exige un emplacement proportionné à la grandeur de son volume,

2°. La médiocrité du poids et du volume de l'échelle flexible permet de l'adapter avec facilité et sans inconvénient aux machines destinées à être transportées successivement d'un lieu à un autre; tandis que les roues à tambour, dont le poids est souvent de deux ou trois milliers, opposent, dans presque tous les cas, de graves difficultés à leur déplacement.

3°. Cette même médiocrité de poids et de volume rend nécessairement les frottemens et autres résistances passives moindres dans l'échelle flexible que dans les roues.

4°. La construction de l'échelle flexible est incomparablement moins coûteuse et plus facile que celle de toutes les espèces de roues.

5°. L'action exercée par les hommes moteurs sur les roues à tambour et à cheville est irrégulière, puisqu'ils peuvent, en s'élevant à une hauteur plus ou moins grande, faire varier la distance du point d'application à la verticale qui passe par le centre du mouvement; au contraire, dans l'échelle flexible, cette distance est invariable, et elle jouit ainsi de la propriété précieuse de rendre uniforme l'action du moteur.

6°. Il suffit d'augmenter la longueur des tambours et d'y adapter plusieurs échelles flexibles, pour y faire agir simultanément plusieurs hommes, lesquels ne pourront s'empêcher d'opérer tous concordément avec le poids de leur corps à un même éloignement du centre de rotation; tandis que, dans les énormes roues de huit à neuf mètres de diamètre, destinées à recevoir l'action de sept à huit hommes, il n'y en a que deux ou trois qui puissent agir avec quelque vigueur; les autres sont placés si défavorablement, qu'ils ne déploient qu'une petite portion de leur force.

7°. Les hommes qui agiront sur l'échelle flexible, ne seront

exposés à aucun des accidens funestes, si fréquens dans les grandes roues ordinaires.

61. Si l'on compare ensuite l'échelle flexible aux manivelles, on trouvera: 1°. que la manivelle est essentiellement irrégulière dans son mouvement, et qu'elle exige l'emploi d'un régulateur qui ne peut exercer son action qu'au dépens de la force motrice, et qu'au contraire le mouvement de l'échelle flexible est régulier par lui-même.

2°. La manivelle favorise singulièrememt la paresse et la mauvaise volonté des ouvriers, et elle est, sous ce rapport, extrêmement désavantageuse, comme le savent tous les ingénieurs qui out eu occasion de l'employer dans de grands travaux; l'échelle, au contraire, obligera les mêmes ouvriers à déployer toute leur vigueur.

62. On m'objectera peut-être, que l'action des hommes sur les échelles sera aussi fatigante que vigoureuse; oui, sans doute, elle sera fatigante, mais pas plus que sur les roues, et notamment que sur la *roue à double force* qui, suivant moi, est la plus parfaite des *roues zooliques*, malgré quelques inconvéniens qui lui sont propres. (On voit une application de la roue à double force à la grue du port du Louvre.) La manière dont un homme monte d'un échelon à un autre dans cette roue, est identiquement la même que sur l'échelle flexible.

63. Applic. Parmi une foule d'applications utiles que l'on peut faire de l'échelle flexible, je n'en indiquerai que quelques-unes.

La substitution de l'échelle aux roues dans les *grues*, *singes*, *faucons*, et autres engins en usage dans les constructions, pourra leur donner un degré de simplicité et de légèreté auquel on n'était pas encore parvenu. Ces espèces de machines ainsi modifiées procureront deux sortes d'économies, c'est-à-dire,

économie sur leur propre construction, et économie sur les volumineux échafaudages dont on se sert maintenant pour les supporter.

64. Cette substitution, appliquée aux machines à curer, en usage dans les ports, pourra diminuer de plus d'un tiers les frais de construction, donnera plus de stabilité au ponton par l'abaissement du centre de gravité, donnera la facilité de mettre les ouvriers à l'abri du soleil et de la pluie; et les ouvriers employés produiront un plus grand travail, à égalité de circonstances.

65. Appliquée aux grandes machines à mâter, et spécialement à celles en maçonnerie, comme le sont les machines de Copenhague et de Venise, elle offrira un grand moyen d'économie par la diminution des dimensions du plan de la tour, qu'on pourra alors pratiquer sans inconvéniens.

66. Dans les travaux hydrauliques, l'échelle flexible pouvant être disposée avec facilité sur les batardeaux et sur les ponts de service, on pourra l'adapter avantageusement aux pompes, aux chapelets et autres machines d'épuisement.

67. L'échelle flexible, à cause de la médiocrité de son volume, pourra être placée dans un grand nombre d'ateliers où l'emploi des roues était impraticable.

DIXIÈME ESPÈCE. — *Roues zooliques, obliques ou horizontales.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roue zoolique oblique.* Pl. I, fig. 13.

68. Un homme, appuyé à une traverse fixe *a*, communique, en marchant, le mouvement à cette roue, qui a, comme on le voit, beaucoup d'analogie avec la roue à tambour. Son obliquité entraîne plusieurs inconvéniens dans la transmission du mouvement. Elle n'a été employée qu'un petit nombre de fois.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue zoolique horizontale.* Pl. I, fig. 14.

69. Elle ne diffère de la précédente que par sa position.

ONZIÈME ESPÈCE. — *Bascules.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Bascule mue par un seul homme.* Pl. II, fig. 4.

70. *b*, représente la bascule; — *a*, est une traverse suspendue au point fixe *c*, au moyen d'une courroie ou d'une corde; — *d d*, sont deux tiges de communication entre la bascule et la traverse. L'homme porte alternativement le poids de son corps d'un côté et de l'autre de la bascule; la barre qui lui sert de soutien, lui donne la faculté de s'incliner considérablement sans danger de tomber.

Applic. A des pompes hydrauliques.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Bascule mue par deux hommes.* Pl. II, fig. 8.

71. Les deux hommes, montant et descendant alternativement, transmettent le mouvement à la bascule.

Applic. Cette méthode réunit plusieurs avantages importans. Les hommes agissent avec tout le poids de leur corps. Le travail n'est ni incommode ni fatigant. L'organe est d'une très-grande simplicité. On peut l'employer avec beaucoup d'utilité dans les travaux hydrauliques.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Bascule à manivelle.* Pl. II, fig. 7.

72. Quoique la figure n'indique qu'une seule bascule *a b*, il doit y en avoir une autre en sens contraire; les deux bascules agissent alternativement. Un des hommes monte, tandis que l'autre descend; — *d*, indique la manivelle; *m*, la tige intermédiaire entre la bascule et la manivelle; — *f f*, le volant nécessaire pour rendre le mouvement uniforme et continu.

Applic. A des moulins.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Bascule à arc de cercle*. Pl. III, figures 9 *et* 12. *Élévation et plan.*

73. Cette bascule, inventée par *Berthelot*, a pour but de produire un mouvement circulaire altêrnatif dans un plan horizontal. Elle n'a pas, comme les autres bascules, un point de rotation fixe, mais elle tourne et est soutenue sur l'arc *a a*. Cet arc est double, et les deux faces qui le composent, laissent entre elles un espace vide dans lequel l'arbre peut tourner, comme le plan (fig. 12) le démontre. L'arc porte de chaque côté un petit plancher *b b*, sur lequel se place l'homme qui doit agir. Une barre verticale *c* s'élève de chacun de ces planchers, et elle sert d'appui à l'homme moteur. Deux cordes *d d* s'enroulent en sens contraire sur l'arc vertical, et vont aboutir aux barres verticales *c c*.

On conçoit que, si deux hommes sont disposés comme la figure l'indique, c'est-à-dire, que si l'un d'eux est placé sur un des côtés de la bascule, tandis que le second, monté sur une petite éminence, attend que l'autre soit descendu pour se placer à son tour de l'autre côté, la bascule tournera alternativement de droite à gauche, et de gauche à droite, en vertu du poids des ouvriers. La bascule, en tournant, tire une des cordes, la développe, et fait enrouler la seconde corde en sens inverse, de sorte que l'axe vertical est obligé de tourner tantôt dans un sens, et tantôt dans l'autre. On peut avec facilité transformer son mouvement alternatif en mouvement circulaire continu, par une des méthodes que nous indiquerons dans le second livre.

J'ignore si cette invention de *Berthelot* a jamais été employée.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. *Bascule à mouvement alternatif rectiligne*. Pl. III, *fig.* 4.

74. Cette sorte de bascule a été, comme la précédente, ima-

giné par *Berthelot*. *a*, est une poulie sur laquelle passe une corde ou une chaîne. Les extrémités de cette corde ou de cette chaîne sont attachées à deux pièces de bois verticales *b b*. Ces deux pièces traversent une poutre horizontale *c c*, où elles peuvent librement se mouvoir du haut en bas comme dans une coulisse. Deux plateaux *d d* sont insérés dans les pièces *b b*. Il est évident que, si un homme monte alternativement d'un plateau à l'autre, le poids de son corps communiquera à la bascule un mouvement alternatif, rectiligne et vertical.

SIXIÈME VARIÉTÉ.— *Bascule à double pression de* M. Démandres. Pl. III, fig. 14.

75. Nous allons transcrire la description de cet organe donnée par M. *de Prony*, dans le rapport que nous avons cité (15).

Trois axes horizontaux, parallèles entre eux, ont des mouvemens alternatifs de rotation, dépendant les uns des autres; celui du milieu porte une bascule sur laquelle l'homme agit avec son poids, à la manière ordinaire; à chacun des axes latéraux est adapté un levier coudé, dont une des branches est mue par celui des bras de l'homme qui lui correspond, et dont l'autre branche, terminée en secteur de cercle qui a pour centre le centre de mouvement du levier, est liée à l'axe du milieu, ainsi qu'il suit: Une chaîne est attachée au point le plus haut du secteur, et au point le plus bas de l'axe du milieu, et s'applique exactement sur la demi-portion supérieure du secteur et sur le quart inférieur de la circonférence de l'axe du milieu. D'après cette disposition, soit qu'on pousse ou qu'on tire celles des branches de leviers auxquels la main de l'homme est appliquée, l'impulsion se communique toujours à l'axe du milieu à cause de l'enroulement continu et de la tension des chaînes; et cet axe du milieu tend à tourner dans un sens opposé à celui dans lequel tournent les axes des leviers.

76. Ceci conçu, supposons que l'homme pèse, par le poids de son corps, sur une des branches de la bascule, tire en même temps à lui le levier qui se trouve d'un côté de cette branche, et repousse le levier opposé, on voit que ces trois efforts tendront tous à faire tourner l'axe de la bascule dans le même sens; si, ce premier mouvement achevé, l'homme reporte le poids de son corps sur l'autre branche de la bascule, et fait avec ses bras le mouvement inverse de celui qu'il a fait précédemment, la simultanéité de ces trois actions tendra à faire tourner l'axe de la bascule dans un sens contraire à celui dont nous venons de parler, et ainsi de suite.

77. L'homme ainsi employé agira donc sur l'axe de la bascule avec un effort combiné, résultant de l'action simultanée des muscles qui se rapportent aux bras, aux reins, aux cuisses et aux jambes. Il n'est pas douteux que l'effort total qui en résulte ne soit supérieur à celui qui résulterait de chacune de ces causes, considérée isolément. Sous ce point de vue, on est déjà assuré d'un moyen de produire un effet de courte durée, qui exigerait un grand effort, et pour lequel on ne pourrait disposer que d'un petit nombre d'ouvriers.

78. Mais l'objet intéressant de recherche, dans cette matière, est relatif à la durée de l'action dans des travaux de longue haleine, durée telle que les manœuvres ne se trouvent pas obligés d'excéder leurs fatigues ordinaires. On sait que le battage des pieux, le dragage, le travail des pompes dans les épuisemens, etc., s'exécutent par relais; c'est-à-dire que les hommes, après avoir travaillé pendant un temps déterminé, comme une heure, par exemple, sont relayés par d'autres qui travaillent le même temps, et ainsi de suite, alternativement. Or si, en employant le moyen de M. *Démandres*, on est obligé, pour ne pas excéder les hommes de fatigue, de diminuer la durée du relai

dans la proportion de l'augmentation de l'effort, on perdra en temps ce qu'on gagne en force et ultérieurement, ou l'effet total ne sera pas augmenté, ou la dépense le sera. Si, au contraire, la durée d'un relai n'est point diminuée, ou qu'elle le soit dans une proportion plus petite que celle de l'augmentation de l'effort, alors on perdra moins sur le temps, qu'on ne gagnera sur l'effort, et un même ouvrage occasionera une plus petite dépense par ce nouveau procédé que par les anciens.

79. Les expériences de M. *Démandres* ne fournissent aucun moyen de donner sur ces objets de recherche des résultats exacts ; il serait à désirer qu'elles eussent été dirigées de manière à en conclure la valeur précise ou au moins approchée du produit qu'on doit toujours connaître, pour pouvoir juger de l'effet d'un moteur animé, savoir le produit de la durée de l'action par l'effort et par la vitesse correspondans; malheureusement les conclusions qu'il a tirées de ses expériences sont trop vagues pour rien nous apprendre à cet égard. Des épreuves partielles et de courte durée sont insuffisantes pour fournir de pareilles données qu'on doit déduire d'observations faites sur des travaux de longue haleine, et exécutés par un grand nombre d'ouvriers. Il y a cependant des probabilités assez grandes, conclut M. *de Prony*, pour penser qu'en se servant du moyen de M. *Démandres*, on obtiendra, toutes choses égales d'ailleurs, un plus grand effet que par la manière ordinaire d'employer la force de l'homme; il paraît ne rester d'incertitude que sur la quantité précise de cette augmentation d'effet qui, quelque petite qu'elle soit pour un individu, devient toujours un objet important, lorsqu'il s'agit d'employer un très-grand nombre d'ouvriers pendant une ou plusieurs campagnes.

80. (Pl. III, fig. 14) représente la bascule; à la partie inférieure est adapté un demi-cercle *b d*; — *e a*, et *f*, sont les leviers

sur lesquels l'homme agit par sa force musculaire, en poussant l'un et en tirant l'autre. Une chaîne est attachée au point 1 de la bascule *b d*, et au point 3 du quart de cercle réuni au levier *e a*. Une seconde chaîne part du point 1, et va au point 4. On conçoit aisément comment, par cette disposition, les trois forces résultantes du poids de l'homme, de sa pression sur le levier *e a*, et de sa traction sur *f*, coopèrent simultanément à produire un effort vigoureux sur la bascule *b d*.

DEUXIÈME GENRE. — Récepteurs zooliques mus par des chevaux.

81. On peut se servir de la force des chevaux pour imprimer le mouvement aux machines de deux manières différentes, 1°. par la traction locomotive, 2°. par le poids matériel de leur corps. La première manière est la plus usitée. L'expérience a prouvé que l'effet continu moyen qu'un cheval exerce par la traction locomotive, est à celui qu'un homme produit d'une manière analogue comme 7 est à 1. Les mécaniciens ne sont pas d'accord dans l'évaluation de l'effet journalier qui résulte du travail d'un cheval de moyenne force. MM. *Watt* et *Bolton* admettent qu'un cheval, travaillant huit heures par jour, peut élever à la hauteur d'un mètre un poids de 265,360 kil.; ce qui fait environ 265 mètres cubes d'eau. *Sméaton* n'évalue cette force qu'à 190 mètres, et M. *Clément* plus bas encore, à 100. Je crois que l'évaluation de *Sméaton* est celle qui mérite la préférence. Au moyen du dynamomètre de M. *Regnier*, on a reconnu que la traction absolue moyenne d'un cheval ordinaire est de 400 kilogrammes. La traction relative moyenne dans un travail continu est équivalente à 60 ou 70 kil. La vitesse relative moyenne d'un cheval qui tire pendant une journée de travail, est d'à peu près un mètre par seconde. Il faut observer qu'en général le travail des chevaux employés à mouvoir les machines est beaucoup plus fatigant que celui des chevaux qui servent

aux transports, et que conséquemment l'effet qu'ils produisent est beaucoup moindre.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Manége.*

82. On donne le nom de *manége* à un organe composé d'un treuil horizontal dans lequel sont insérées des barres ou leviers que l'on appelle indifféremment *flèches* ou *volées*. A l'extrémité de ces flèches est attaché le cheval, lequel, en marchant, fait tourner le treuil, et décrit une circonférence de cercle qui a pour rayon la longueur de la flèche prise depuis le centre du mouvement jusqu'au point où le cheval est attaché. Le diamètre du cercle doit avoir au moins 13 à 14 mètres. S'il était moindre, le cheval perdrait une portion de sa force d'autant plus grande que le diamètre serait petit.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Manivelle à manége.* Pl. III, fig. 10.

83. Le journal des mines (an 7, n°. 3) donne la description de cet organe, qui est composé de deux ou plusieurs bras de leviers B B (ou flèches), à l'extrémité desquels on attache des chevaux, et qui sont soutenus à leur réunion par un pivot vertical A. Un des bras porte à une certaine distance du pivot un boulon de fer aussi vertical C. Des trous pratiqués dans la flèche facilitent le moyen d'éloigner plus ou moins le boulon du pivot, suivant le besoin. Ce boulon reçoit à sa partie supérieure une des extrémités d'un tirant horizontal ou bièle, qui répond par l'autre à un balancier en croix ou varlet auquel est attaché le tirant vertical qui communique le mouvement à la machine.

84. Les chevaux font mouvoir circulairement les bras de levier autour du pivot A, qui est le centre immobile du mouvement; le boulon C se meut aussi lui-même autour de ce centre commun : on peut donc considérer la partie de la flèche qui est

comprise entre le boulon et le pivot, comme le bras de levier d'une manivelle dont l'extrémité portant le boulon, mue circulairement par la marche des chevaux, parcourt successivement tous les points d'une circonférence qui a pour diamètre le double de la distance comprise entre le boulon et le pivot; de sorte que, dans chaque révolution, le boulon, entraînant avec lui le tirant horizontal, le tire en arrière et le ramène en avant, d'une quantité égale au diamètre dont nous venons de parler; ce qui donne lieu à un mouvement progressif et rétrograde ou de va et vient. Ce mouvement, au moyen d'une *bièle* D, est communiqué à la machine.

On a fait l'application de cet organe à des pompes.

85. Une manivelle à manége appliquée à des pompes fut exécutée à l'école militaire de Paris sur les plans de M. *Laurent*. Toutes ses parties sont en fer. Deux flèches ou volées fortement arquées, de 4 mètres et demi, en se réunissant par le haut, posent sur un pivot porté sur une pyramide de maçonnerie. Deux chevaux font mouvoir circulairement cet assemblage. L'une de ces volées porte au plus haut de son épaulement, à la distance de 6 décimètres du centre de mouvement, un boulon qui reçoit un anneau auquel sont attachés quatre tirans de 7 mètres de long, lesquels répondent par l'extrémité opposée à une demi-croix, et par ce moyen font mouvoir chacun la tige d'un piston.

86. La distribution du mouvement entre ces quatre pompes, le rend plus égal et plus uniforme. Les chevaux travaillent, sans beaucoup se fatiguer, huit heures par jour à cette machine. Chacun des pistons a 14 centimètres de diamètre. Leur levée est de deux mètres, et la profondeur de la puisée est de 14 mètres. Les quatre pompes, prises ensemble, contiennent 0,92 de mètre cube d'eau, dont le poids est de 875 kilog. Le poids des équipages est de 300 kilog.: ainsi, on a à vaincre un poids total

de 1175 kil. Les deux chevaux font produire à cette machine, par une marche uniforme, environ un muids d'eau par minute.

87. Cette machine, qui n'exige point de charpente, peut être déplacée et transportée aisément d'un lieu à un autre. Sans être massive, elle est d'une très-grande solidité, et pendant le travail on n'entend pas le moindre bruit.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Manége à flèches horizontales*. Pl. II, fig. 15.

88. L'expérience ayant fait connaître qu'il est avantageux que les traits d'un cheval qui tire, au lieu d'être exactement horizontaux, soient inclinés du bas en haut, de 15 à 20 degrés, il faudra donc régler la hauteur des flèches, et leur insertion dans l'axe, d'après cette règle pratique. Les flèches *b b* doivent être soutenues par des pièces de bois *a a*, qui font l'office d'arcboutans. D'autres pièces placées horizontalement, que l'on ne peut apercevoir dans la figure, maintiendront les flèches dans leur position, et les rendront inébranlables.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Manége à flèches obliques*. Pl. II, fig. 15.

89. Cet organe ne se distingue du précédent que par la position des flèches, position qui permet de disposer quelques autres parties de la machine sous ces flèches, ce qui est fort avantageux dans plusieurs circonstances. Dans les colonies on emploie le manége à flèches obliques pour mouvoir les rouleaux qui servent à écraser les cannes à sucre.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Roues verticales*.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roues mues par des chevaux, en se servant de leurs jambes de derrière*. Pl. II, fig. 10.

90. La figure ne marque qu'un fragment de la roue, qui, dans son pourtour, est garnie de palettes obliques. Le cheval est placé sur un plancher immédiatement au-dessus de la roue. Un

trou pratiqué dans ce plancher, correspondant aux jambes de derrière du cheval, l'oblige à poser ses jambes sur les palettes de la roue; d'un autre côté, étant lié au poteau *a*, il ne peut changer de position.

91. Le cheval se trouvant disposé de la manière indiquée, on conçoit que le poids de son corps agit sur la roue et la met en mouvement, ce qui l'oblige de marcher, sans cependant changer de place. Ce moyen, extrêmement fatigant et pénible pour le pauvre animal condamné à cette espèce de travail, n'a été employé qu'un petit nombre de fois.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue mue par des buffles ou des bœufs.* Pl. III, fig. 13.

92. Sur une roue construite, et disposée comme la précédente, on place un bœuf ou un buffle. Devant l'animal se trouve un ratelier et une auge remplis de foin; sa queue est suspendue à une espèce de ressort *b*, formé par une perche de bois attachée au plafond.

Dans plusieurs contrées, et spécialement en Amérique, on fait usage de cette méthode. On a remarqué que, quoique le travail des animaux qu'on emploie soit très-pénible, il ne les empêche pas cependant d'engraisser. Souvent on fait agir simultanément plusieurs bœufs placés de front; il suffit dans ce cas de donner une longueur suffisante à la roue.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue mue par des chevaux, en se servant de leurs jambes de devant.* Pl. II, fig. 12.

93. *b* représente une portion de la circonférence de la roue sur laquelle un cheval monte avec ses jambes de devant. Cette roue est garnie de taquets *l l*; les jambes de derrière du cheval sont appuyées sur un plancher, et, sa bride étant attachée à un point fixe, il ne peut ni s'éloigner, ni cesser de travailler. Cette

méthode, moins pénible et moins dangereuse que celle de la première variété, produit aussi un effort moindre.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Roue oblique.*
Roue mue par des bœufs. Pl. II, fig. 11.

94. Cette roue, dont l'axe fait un angle de 30 à 40 degrés avec la verticale, forme une espèce de plan incliné circulaire, sur lequel on place un ou plusieurs bœufs qui, par le poids relatif de leur corps, lui communiquent le mouvement, et marchent continuellement sans changer de place. Le plan incliné circulaire sur lequel les animaux cheminent, est bordé intérieurement et extérieurement de deux parapets *b b* en planches. Une porte est pratiquée dans le parapet extérieur pour introduire les animaux; elle se ferme derrière eux aussitôt qu'ils sont entrés, et ils se trouvent ainsi emprisonnés entre les parapets; le mouvement que le poids de leur corps communique à la roue, les excite et les oblige à marcher.

Applic. Dans la Romagne et dans plusieurs autres provinces d'Italie, on voit plusieurs moulins mis en mouvement par des bœufs ou par des buffles placés dans des roues de cette espèce, qui ont l'inconvénient d'être excessivement volumineuses, lourdes et coûteuses; elles exigent de fréquentes réparations, et leurs pivots éprouvent un frottement très-considérable.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Plan incliné flexible.* Pl. II, fig. 13.

95. Les défectuosités de la roue précédente m'ont induit à chercher un moyen analogue de produire le même effet, au moyen d'un organe plus simple, moins coûteux, moins volumineux, et où les animaux pussent agir plus commodément; j'ai cru que le plan incliné flexible remplissait toutes ces conditions. Composé de simples planches réunies entre elles par

des charnières, il se replie sur deux cylindres *a a*. Des barres parallèles, placées régulièrement sur ces cylindres, engrènent avec les charnières *l l*, qui servent ainsi à un double usage, de rendre flexible le plan incliné, et de coopérer à son mouvement. Des taquets 2 2, placés de distance en distance, garnissent la partie supérieure du plan incliné, et empêchent que le cheval moteur ne glisse dans sa marche. Sur ce plan, dont l'inclinaison est de 30 à 40 degrés, on place un cheval, un bœuf ou un buffle qui, obligé de marcher sans changer de place, fera mouvoir le plan flexible par le poids relatif de son corps.

96. Cet organe récepteur jouit de l'avantage de pouvoir être placé dans les lieux les plus resserrés: deux mètres de largeur et trois à quatre de longueur lui suffisent; il peut conséquemment devenir d'une très-grande utilité dans les locaux trop circonscrits pour pouvoir y disposer un manége; il jouit en outre de la propriété de pouvoir recevoir l'action simultanée d'un nombre quelconque d'animaux, qui tous produiront un effort égal.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Plateaux mobiles*. Pl. II, fig. 16.

97. Dans toutes les méthodes précédemment énoncées de faire agir les animaux par le poids de leur corps, il n'y a qu'une portion de ce poids qui puisse agir activement; par celle des plateaux mobiles que j'ai imaginée, on emploie entièrement le poids du cheval et celui même de son conducteur. Sur une roue *d*, de 3 à 4 mètres de diamètre, je fais passer une corde *m m* ou une chaîne, aux deux extrémités de laquelle je suspends deux plateaux *a a*, formés par de solides madriers; chacun de ces plateaux est retenu entre quatre coulisses verticales *c c*, qui leur laissent libres l'ascension et la descente, mais leur interdisent toute autre espèce de mouvement. Des rampes conduisent au

sommet de la charpente qui renferme les coulisses. Les chevaux montent le long de ces rampes; arrivés au sommet, ils se mettent sur un des plateaux, l'entraînent, descendent, et font tourner la roue à laquelle sont adaptés les organes que l'on veut faire mouvoir; arrivés au bas de la descente, ils sortent par une porte pratiquée en ce lieu, remontent le long de la rampe, pour se placer de nouveau sur un des plateaux; et ainsi de suite.

CHAPITRE II.

De l'Eau considérée comme Moteur.

98. Toutes les fois que l'on se propose d'employer la force impulsive de l'eau pour animer une machine quelconque, il est nécessaire d'en connaître préalablement la valeur: sans cette connaissance, on ne saurait ni proportionner, ni disposer convenablement les parties de la machine.

99. Il y a des cas où le courant d'eau est éloigné de l'emplacement que la machine doit occuper, et où l'établissement d'un canal intermédiaire est indispensable. Dans ces cas, il faut, avant tout, relever le plan du terrain compris entre le courant et l'emplacement de la machine, tracer la ligne que le canal doit suivre, d'après un examen attentif des circonstances locales, et faire un nivellement exact le long de cette ligne. Le nivellement a pour but, non-seulement de déterminer la hauteur de la chute d'eau, mais aussi de fournir les élémens du calcul des déblais et remblais que la confection du canal exigera (*a*).

(*a*) Les lecteurs qui désirent acquérir des connaissances exactes et étendues sur le nivellement, doivent consulter l'excellent traité que M. *Fabre* a composé sur cette importante opération pratique.

100. Si la machine doit être placée sur le courant d'une rivière ou sur le bord d'un canal déjà existant, alors il suffit de déterminer, par des observations bien faites, la masse d'eau disponible, la vitesse et la valeur absolue de sa force impulsive.

Méthodes pour mesurer la vitesse de l'Eau.

101. On determine la masse d'eau en mesurant une section du canal perpendiculaire à la direction du courant, et en multipliant la surface de cette section par la vitesse, c'est-à-dire, par la longueur de la ligne que parcourt l'eau en une minute.

102. On connaît plusieurs méthodes de mesurer la vitesse d'un courant. La plus usitée est d'abandonner un flotteur au gré du courant, et de fixer en combien de temps il parcourt un espace déterminé. Pour cet effet, on place deux observateurs sur le bord du canal; on mesure la distance qui les sépare. Devant chaque observateur on place deux jalons, dont les directions, perpendiculaires à la ligne qui suit le courant, sont parallèles entre elles. Les observateurs étant disposés, on lâche le flotteur un peu au dessus du premier qui, au moment précis où ce flotteur se trouve sur la direction des jalons, tire un coup de pistolet, ou donne un autre signal quelconque, pour avertir son compagnon: alors tous les deux comptent en même temps les oscillations d'un pendule, ou ils observent les secondes marquées par l'aiguille d'une montre, pendant que le flotteur parcourt l'espace entre les observateurs; aussitôt qu'il se trouve dans la direction des jalons du second, celui-ci fait un signal, et les deux cessent de compter. On répète cette opération plusieurs fois, et on prend la valeur moyenne entre les divers résultats. Le flotteur doit s'enfoncer presque entièrement, pour être moins exposé aux agitations de l'air.

103. *Mariotte*, ayant observé que l'eau d'une rivière ne va pas également vite à sa surface et dans les autres parties, et que, proche du fond, l'eau est beaucoup retardée par la rencontre des pierres, des herbes et des autres inégalités, détermina ces différentes vitesses dans une petite rivière coulant uniformément. Il prit pour cela deux boules de cire attachées à un fil de 3 décimètres de longueur; l'une était chargée de petites pierres dans le milieu, pour rendre sa pesanteur spécifique un peu plus grande que celle de l'eau, en sorte que, quand les deux boules étaient dans l'eau, la plus pesante faisait bander le fil, et enfoncer la plus légère plus qu'elle n'aurait fait toute seule; et, par ce moyen, sa partie supérieure était presque à fleur d'eau, afin que le vent n'eût point de prise sur elle. Il observa toujours que la boule d'en bas demeurait en arrière, principalement aux endroits où il y avait quelques herbes au fond de l'eau, près desquelles la boule inférieure passait; car la rivière n'avait qu'environ un mètre de profondeur. Mais lorsqu'on mettait ces mêmes boules en un endroit où l'eau, rencontrant quelque obstacle, s'élevait un peu, et ensuite prenait un cours plus rapide, comme on le remarque sous les ponts; la boule inférieure devançait la supérieure. On voit par cet exemple, que, la vitesse augmente ou diminue, de la surface au fond, selon les circonstances. Naturellement la vitesse devrait toujours augmenter de la surface au fond, comme répondant à une chute qui augmente alors de plus en plus; mais il peut se faire qu'elle soit plus retardée par les obstacles qu'elle n'est accélérée par l'augmentation de la chute.

104. On peut mesurer la vitesse d'un courant au moyen d'une petite roue très-légère, garnie de 15 à 18 petites ailes. Son axe, mince et poli, tourne sur des rouleaux pour anéantir presque totalement l'effet du frottement. Étant exposée au choc du cou-

rant, on compte le nombre des révolutions qu'elle fera en un temps donné. Comme on connaît la longueur de la circonférence moyenne développée, on connaîtra conséquemment l'espace qui répond au temps donné, ou la vitesse du courant. Il faut remarquer que cette méthode ne peut donner que la vitesse vers la surface; et que la roue, en tournant, est un peu retardée par la résistance de l'air. Mais elle est fort simple et peut être quelquefois employée utilement.

105. Quelques auteurs proposent d'employer le quart de cercle pour mesurer la vitesse d'un courant. Cet instrument est garni à son centre de deux fils: l'un porte un poids qui sert à fixer la position du quart de cercle; l'autre, plus long, soutient une boule dont la pesanteur spécifique est plus grande que celle de l'eau, et qui s'y enfonce plus ou moins, selon qu'on lâche plus ou moins le fil. Par la déviation de ce second fil d'avec la verticale, on mesure d'abord la force, et on en conclut la vitesse du courant. Cet instrument, dont les résultats ne peuvent être déduits que par un calcul trigonométrique assez compliqué, est sujet à plusieurs inconvéniens. D'abord le fil qui soutient le corps submergé, ne conserve pas toujours la même position; il éprouve des mouvemens d'oscillation qui mettent souvent beaucoup d'incertitude dans la mesure de l'angle. Cela arrive surtout lorsque la pesanteur spécifique du corps submergé surpasse peu celle du fluide. Mais, d'un autre côté, si l'on augmente trop sa pesanteur, les petites variations dans les vitesses cessent de devenir sensibles.

106. M. *Pitot* a donné la description d'un tube de son invention (*Mém. de l'Académie année* 1732), qu'il a employé pour mesurer la vitesse de la Seine sous le pont Royal. C'est un simple tube de verre coudé, qu'on plonge verticalement dans le courant. La hauteur, à laquelle l'eau s'élève dans le tube, est celle

qui est due à la vitesse du courant. En enfonçant plus ou moins le tube, on a les hauteurs qui répondent aux vitesses, aux différentes profondeurs du courant. On attache le tube à une tringle de bois très-solide, et on met à côté une règle de cuivre graduée qui marque les élévations de l'eau dans le tube. Quand on fait usage de cet instrument, il est très-difficile de le fixer assez solidement pour que l'eau ne soit pas sujette à des mouvemens d'oscillation, qui peuvent occasioner des erreurs sensibles dans l'estime de ses élévations. Cet inconvénient se fait d'autant plus sentir, que le courant a plus de vitesse et qu'on enfonce le tube plus profondément.

107. On peut, au moyen d'un peson construit comme le dynamomètre de M. *Régnier,* mesurer immédiatement la force impulsive d'un courant d'eau sur une surface donnée. On a pour cet effet un cube de bois, auquel on donne une gravité spécifique égale à celle de l'eau, en y introduisant un certain nombre de clous ; une corde est attachée, d'un côté au cube qu'on submerge dans le courant, et de l'autre au crochet du peson. Le cube, entraîné par le courant, fait effort sur le peson et le bande plus ou moins, suivant la force de ce courant ; l'index marque le nombre des livres ou des kilogrammes auquel correspond l'effort exercé sur la surface antérieure du cube.

Canaux.

108. M. *Muthuon* a inséré dans le Journal des Mines un mémoire rempli de détails pratiques très-utiles sur la *Construction des canaux aquéducs ;* nous allons en donner un extrait.

Cet ingénieur prescrit d'abord quatre opérations préliminaires : 1°. Reconnaître le ruisseau ou la rivière que l'on veut détourner en tout ou en partie ; déterminer la quantité d'eau qu'ils fournissent ordinairement, et surtout l'été ; examiner

ensuite le pays et les lieux par où le canal devra passer, les petits courans d'eau qu'il coupera, leur distance respective et leur éloignement tant de l'origine du canal que de l'extrémité;

2°. Calculer la quantité d'eau nécessaire pour les machines que l'on veut établir;

3°. Niveler le terrain, depuis le point où l'eau devra arriver jusqu'au courant même;

4°. Examiner si l'on pourra obtenir une chute d'eau d'une hauteur suffisante.

109. A l'égard de la pente à donner au canal, plus l'eau met de temps à parcourir un espace donné, dit M. *Muthuon*, plus les filtrations sont grandes et l'évaporation considérable. Si au contraire on lui donne une forte pente, l'eau, ayant alors beaucoup de force à cause de sa vitesse, ronge les bords du canal, et fait des dépôts considérables; de manière que le canal se détériore promptement et exige de fréquens déblais, ce qui ne peut avoir lieu sans obliger de cesser le travail et conséquemment sans entraîner de graves inconvéniens.

110. M. *Muthuon* a reconnu que, dans un canal d'une largeur égalisée de deux mètres, ayant cinq décimètres de profondeur d'eau, et huit centimètres de pente par 200 mètres de longueur, l'eau parcourt 8 mètres par minute, et que la force impulsive de l'eau de ce canal est suffisante pour faire manœuvrer, au moyen d'une roue de onze mètres de diamètre, douze répétitions de pompes, dont les pistons parcourent un espace cylindrique de 16 décimètres de hauteur, et de 3 décimètres de diamètre, en faisant faire à la roue six tours par minute. Il a reconnu également que la moitié de cette quantité d'eau suffisait pour faire aller un bocard à 12 pilons, dont la roue, de 45 décimètres de diamètre, faisait jusqu'à 18 révolutions par mi-

nute, et enfin qu'elle fournissait, et au-delà, de quoi alimenter deux pompes et faire agir quatre soufflets.

111. M. *Muthuon* remarque, dans un canal qui n'avait que 27 millimètres de pente par 200 mètres de longueur, que l'eau n'avait qu'un tiers de la vitesse avec laquelle elle coulait dans celui dont la pente était de 8 centim., en leur supposant à tous deux une largeur égale et moyenne de deux mètres. La masse d'eau n'avait pas un mouvement aussi uniforme dans le second canal que dans le premier, et celle des bords et du fond était presque stagnante. Dans ce canal l'eau s'élevait à 7 décimètres auprès de sa source, et à la distance de 18 à 20 mille mètres, le canal était presqu'à sec. Il semble donc qu'un canal de l'espèce indiquée ne doit point avoir moins de 4 centimètres de pente par 100 mètres de longueur, ni au-delà de 7 centimètres; car une plus grande pente occasionerait des dégradations et des ensablemens. Mais, dans les pays froids, il est souvent utile de donner beaucoup de pente aux canaux pour que la vitesse de l'eau soit un obstacle à sa gelée.

112. Lorsqu'on doit creuser un canal, il faut examiner la nature des diverses terrains qu'on doit traverser, 1°. pour régler la pente des talus; 2°. pour le raffermir dans les endroits tourbeux, bourbeux, rocailleux et autres. Les endroits argileux ne demandent aucune autre préparation pour être raffermis, que de piler le fond et les bords du canal. Ceux où l'argile est mêlée avec des pierres, sont également bons; et, comme ils ont plus de solidité, ils n'ont pas besoin d'être battus. Les terres sablonneuses et argileuses ne laissent pas passer l'eau, quand même le sable n'y serait pas en grande quantité; mais il faut beaucoup d'inclinaison aux bords, ou les revêtir de pierres. Dans les passages bourbeux ou tourbeux, on jette sur le fond du canal une couche de gravier que l'on enfonce avec les pilons,

et on fait entrer des pierres longues dans les bords. Les endroits rocailleux et ouverts exigent d'autres soins, et l'on a besoin de faire, au milieu de l'excavation plus élargie et plus approfondie, un canal de rapport. L'argile seule peut être employée pour cet effet; mais bien souvent l'on n'en trouve pas; et d'autres fois il faudrait l'aller chercher trop loin, ce qui occasionerait des frais trop considérables. Le gazon, dans ce cas, est aussi bon et peut-être meilleur que l'argile; on le coupe en parallélepipèdes de trois décimètres de long, de deux de large, et de sept à neuf centim. d'épaisseur; on les place à côté les uns des autres, en les renversant, c'est-à-dire, en mettant l'herbe en dessous; on les joint bien, et on les frappe par-dessus pour les assouplir; ensuite on bat la couche entière avec un pilon. Cette couche, bien battue, en reçoit une autre faite de la même manière, et ainsi de suite. Il est constant, dit M. *Muthuon*, que les parties d'un canal ainsi exécuté, et dont le fond et les banquettes ont cinq à six décim. d'épaisseur, tiennent très-bien l'eau.

113. L'on est quelquefois obligé de passer sur des terrains bas, où le canal doit être en relief. Le gazon seul peut servir alors, et il vaut mieux que l'argile; mais, comme il faut non-seulement que l'eau ne passe pas, mais encore que l'ouvrage soit solide, les banquettes de gazon doivent avoir dix à douze décim. de surface, et incliner de l'un et de l'autre côté, de 45 à 50. Il est bon ensuite d'appuyer ou flanquer l'extérieur avec les déblais de l'excavation la plus prochaine. Un travail de cette nature consomme beaucoup de gazon, et l'on écorcherait quelquefois toutes les prairies des environs que l'on n'en aurait pas assez. Si l'on a des pierres à portée, on fait un massif en pierres sèches, dans lequel on construit le canal, comme dans les terrains rocailleux et ouverts.

114. Si l'on rencontre des ravins plus ou moins profonds,

des ruisseaux que l'on n'a pas la faculté de détourner, on établit des ponts de bois ou de pierres sur lesquels passe le canal. Les ponts de pierres sont les meilleurs, et ils n'exigent pas d'entretien; mais, quand les matériaux sont trop éloignés, il faut bien les faire en bois. Leur construction doit être simple et solide, et leurs dimensions doivent être telles qu'il n'y ait pas le moindre étranglement.

115. Il y a deux manières d'établir les prises d'eau; la première est de faire une avancée dans la rivière et d'anticiper obliquement sur un quart ou un tiers de sa largeur, afin d'intercepter une quantité d'eau proportionnelle à la capacité du canal et à la force de la rivière dans un temps moyen. Lorsqu'elle devient petite, au point que l'espace intercepté n'en fournit pas assez, on en attire davantage par le moyen de quelques pierres, ou de quelques pièces de bois mobiles, disposées sur la partie libre de la rivière. Des vannes placées immédiatement à l'embouchure du canal, et mieux à 40, 50 ou 100 mètres en arrière dans un endroit où il est bien encaissé, et au devant desquelles on fait une décharge latérale, empêchent qu'il ne reçoive une trop grande quantité d'eau.

116. La seconde manière de prendre l'eau est de barrer les ruisseaux et rivières, ou de faire des digues plus ou moins hautes, suivant que le canal arrive plus ou moins au-dessus de leur niveau. Les barrages simples et peu élevés se font avec des pièces de bois transversales, appuyées derrière par des piquets, et garnies par-devant avec des planches bien jointes. La vanne régulatrice est nécessaire dans ce cas comme dans le premier; mais elle se place plus ordinairement à une certaine distance de l'orifice du canal.

117. Il n'est pas douteux que la seconde manière de prendre l'eau ne soit très-souvent nuisible au cours de l'eau; aussi il

existé des ordonnances administratives tendantes à réprimer l'usage abusif qu'on pourrait en faire.

118. L'eau, entrant dans un canal la première fois, détache et entraîne toutes les matières légères qu'elle rencontre; celles-ci forment bientôt des amas qui l'arrêtent; il faut les enlever avec soin, et faire suivre l'eau par des ouvriers chargés de la conduire. L'eau, trouvant un terrain fraîchement remuée, cherche toutes les petites issues, soulève les masses encore peu cohérentes, passe au travers, et s'échappe par un grand nombre d'endroits. Il faut donc suivre, serrer et battre les parties mouillées, et charger les banquettes de manière qu'il y ait toujours au moins 15 centim. au-dessus de l'eau. Les issues étant fermées et les filtrations arrêtées, l'eau tarde encore à s'avancer et est absorbée en grande quantité; elle pénètre dans les terrains environnans, et, ce n'est qu'après qu'ils sont bien imbibés qu'elle s'étend dans un nouvel espace où elle agit de la même manière, et où il faut par conséquent les mêmes soins et le même temps pour qu'elle avance encore. Il en est ainsi jusqu'à ce que toute la longueur du canal soit parcourue, et ce n'est que lorsque les deux côtés et le fond sont bien abreuvés, que l'eau prend son cours, et que l'on a un canal solide et imperméable; l'eau, dont les terres se sont pénétrées, se forme alors un obstacle à elle-même, et augmente considérablement leurs poids.

119. L'eau arrive enfin au point désiré; il en vient d'abord peu, elle disparaît le jour, la nuit elle revient; elle augmente insensiblement et varie encore de nouveau; mais peu à peu elle se fixe: et, au bout de quelques jours, lorsqu'un canal a peu d'étendue; au bout de trois à quatre mois, lorsque sa longueur n'excède pas trois à quatre mille mètres, et de sept à huit mois, lorsqu'il a une étendue plus considérable, il est en état de faire le service, s'il doit jamais le faire tel qu'il est.

120. Lorsque l'on a mis l'eau dans un canal, et que son cours s'est établi, tout n'est pas encore fait; il faut prévenir les accidens qui pourraient bien arriver et occasioner la détérioration du canal.

121. Un canal d'une certaine longueur côtoie ordinairement des vallons, et coupe par conséquent un plus ou moins grand nombre de ravins et de gorges latérales, par où il coule beaucoup d'eau dans le temps de pluie. Les terrains pentifs eux-mêmes en fournissent alors une quantité considérable. Il est nécessaire d'empêcher que toutes ces eaux ne fassent gonfler le canal, dont les bords, une fois inondés, sont en un moment coupés, déchirés et emportés, ce qui interrompt nécessairement le service.

122. Pour remédier à cet inconvénient, on a deux moyens; ou l'eau des ravins et des gorges charie du gravier, des cailloux et du sable, ou elle n'en charie pas. Dans le premier cas, il faut établir des ponts aquéducs, qui soient placés en travers du canal; ils penchent du côté où le terrain a sa pente lui-même, et leurs bords sont élevés de manière qu'ils ne laissent rien tomber. Dans le second cas, on pose des vannes tout près et devant les gorges, et l'on fait dans la banquette inférieure du canal une décharge ou coupure qui descend jusqu'au niveau ordinaire de l'eau; en sorte que celle qui vient par ces gorges et qui est surabondante, s'échappe sans produire de mauvais effets. Il arrive encore qu'un canal passe au bas des rochers et des terrains qui ne sont pas solides; il faut, autant que possible, les assurer par des maçonneries et des murailles en talus, afin de prévenir la chute des uns et les éboulemens des autres.

123. Les canaux qui n'ont pas assez de pente peuvent devenir bons en augmentant leur capacité; on y parvient, soit en haussant les banquettes, soit en les élargissant; le meilleur est

de faire l'un et l'autre en même temps, et surtout de donner à un canal plus de largeur que de profondeur; car, lorsque l'eau est haute, elle presse contre les bords et les fait écarter. La hauteur de l'eau ne devrait être que du tiers de la largeur du canal.

124. Si l'eau devait agir sur des roues à pots; on pourrait gagner de la pente, en disposant le canal de manière que l'eau n'entrât dans les godets qu'aux deux tiers ou aux trois quarts de la hauteur de la roue; on perdrait peu par cette disposition, puisque les godets, qui sont très-près de la ligne perpendiculaire à l'axe de la roue, n'ont qu'un bras de levier très-court.

125. Lorsqu'un canal a peu de pente, il est utile que l'eau conserve, autant que cela est possible, dans toute sa longueur un mouvement égal. Car, s'il y a des endroits où l'eau soit à peu près stagnante, elle résiste à celle qui arrive, la force de se gonfler, de s'élever et quelquefois de déborder. M. *Muthuon* a observé que, si la longueur de l'espace qu'occupe cette eau stagnante, est de 80 ou 100 mètres, elle arrête celle qui arrive. Dans ce cas, il faut que le canal gagne en capacité ce qui lui manque du côté de la pente.

Réservoirs d'eau.

126. Souvent le courant d'eau que l'on a à sa disposition, est trop faible pour produire immédiatement sur les machines l'effort qu'elles exigent; alors on prend quelquefois le parti de construire un vaste réservoir destiné à recevoir l'écoulement du courant et celui des rigoles produites par les pluies et les eaux des neiges fondues. C'est surtout pour faire agir les machines des mines situées dans les montagnes, que l'on fait usage de ce moyen très-dispendieux, moyen qui commence à tomber en désuétude depuis que les machines à vapeur sont presque généralement adoptées dans l'exploitation des mines; néanmoins il y a des cas

où l'établissement d'un étang peut être utile. Alors une situation avantageuse est la première chose qu'on doit rechercher. On choisit ordinairement un fond ou un vallon qu'on entoure d'une chaussée. Il faut non-seulement faire attention au volume d'eau qu'il doit contenir, mais encore à ce qu'il ne se remplisse de terre avec le temps. Sa disposition doit être telle qu'on puisse avoir une chute d'eau suffisante sur les machines. Lorsqu'on peut établir un étang dans un vallon profond, auquel se réunissent d'autres vallons, on a soin de ménager des canaux pour ramasser les eaux des pluies des environs, et les conduire dans l'étang. Il faut éviter le voisinage des montagnes trop rapides, surtout si leur surface est revêtue de matières molles et peu adhérentes.

127. La chaussée qui environne un étang doit être construite avec beaucoup de précautions; elle doit être établie sur un fond solide, et il faut prévenir les filtrations; car, si elles pouvaient s'établir, l'eau, qui cherche toujours des issues qu'elle agrandit avec célérité, pourrait détruire une portion de la digue et produire de fâcheuses conséquences. Les meilleurs terrains où l'on peut asseoir avec sûreté une digue ou une chaussée, sont ceux qui consistent en un roc solide et sans crevasses, ou bien en une argile bien compacte et tenace. Mais, comme ordinairement les argiles ou terres grasses qui sont dans les vallons, ne se trouvent que par couches, et qu'elles ne s'étendent pas jusqu'au roc vif, il ne faut s'y fier qu'après les avoir bien sondées.

128. On construit deux espèces de chaussées, l'une en maçonnerie et l'autre en terre glaise foulée. Sur les terrains argileux, on doit préférer les chaussées en terre glaise; et celles en maçonnerie, sur le roc vif. Une chaussée doit satisfaire à deux conditions essentielles : 1°. empêcher les filtrations; 2°. résister suffisamment à la pression de l'eau.

129. En Hongrie, les chaussées des étangs (Pl. VI, fig. 1.) renferment un noyau de terre glaise *a* bien foulée, flanqué de chaque côté de deux parties de terre *b b*, disposées avec un talus convenable; et le talus *d*, du côté de l'étang, est revêtu en maçonnerie. Dans d'autres localités, la chaussée n'est composée que de trois parties, c'est-à-dire, du courois foulé; d'un parapet en terre, par-derrière; et de la muraille en glacis qui est adaptée immédiatement sur le courois foulé. Cette méthode, qui offre une grande solidité, est, sous ce rapport, préférable à la précédente, mais elle est très-coûteuse. On fait ordinairement le fondement du courois plus étroit que la partie supérieure, parce que son objet n'est que d'empêcher la filtration en dessous.

On introduit dans la chaussée un ou plusieurs tuyaux de chêne qui servent à conduire l'eau destinée au travail des machines. Ce tuyau est formé de plusieurs pièces qui s'emboîtent l'une dans l'autre, et qui sont ajustées avec exactitude, ayant soin de boucher tous les vides avec des étoupes; on prend en général toutes les précautions pour que l'eau ne puisse filtrer et endommager la chaussée. On adapte à l'extrémité du tuyau une bonde ou une porte mobile dans des rainures. Les lecteurs qui désirent de plus amples détails, peuvent consulter le *Traité de l'exploitation des mines*, par *Delius*, et traduit par *Schreiber*, tome 2.

CLASSE DEUXIÈME. — RÉCEPTEURS HYDRAULIQUES.

CETTE classe se divise en huit genres: 1°. roues hydrauliques; 2°. roues à flux et reflux; 3°. balanciers hydrauliques; 4°. chapelets et seaux moteurs; 5°. spirales; 6°. récepteurs à pression latérale; 7°. récepteurs à colonne d'eau; 8°. beliers moteurs.

GENRE PREMIER. — Roues hydrauliques.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Roues verticales à aubes dans un coursier étroit.* Pl. IV, fig. 1 et 2.

130. Ces roues sont garnies, à leur circonférence, d'un nombre plus ou moins grand de plans rectangulaires que l'on nomme *ailes* ou *aubes*. Elles sont enfermées dans une espèce de canal incliné que l'on nomme *coursier*, qui n'a qu'une largeur suffisante pour qu'elles puissent se mouvoir sans empêchement, afin qu'elles reçoivent une plus grande action du choc de l'eau; c'est par ce choc contre les ailes, qui est d'autant plus grand que la masse et la vitesse de l'eau sont considérables, que les roues se meuvent. Les figures 2, 3, (Pl. V) représentent un coursier vu en plusieurs sens, et la figure 1 indique la forme d'une vanne placée à l'extrémité du coursier.

131. Dans cette espèce de roue, il y a deux choses importantes à considérer: 1°. la roue en elle-même, sa forme, le nombre et la disposition de ses aubes, les proportions de ses parties; 2°. la forme et la disposition du coursier.

132. Ces considérations ne peuvent être établies que sur les résultats d'expériences faites par des savans d'une exactitude reconnue, et doués à la fois de lumières théoriques et d'amples connaissances pratiques. Parmi les expériences connues, sur la force de l'eau employée comme moteur, celles de *Sméaton* et celles de *Bossut* satisfont à cette condition, et semblent conséquemment dignes de confiance. Le détail des premières se trouve dans les mémoires que M. *Girard* a traduits en 1810; les secondes son rapportées dans le second volume de l'*Hydrodynamique* de *Bossut*. Retenus par les bornes de cet ouvrage, nous ne pouvons qu'en rapporter les résultats; mais nous conseillons aux lecteurs qui désirent approfondir cette branche importante de la science des machines, de consulter les deux

ouvrages cités, ainsi que le livre de M. *Fabre*, intitulé : *Essai sur la construction des machines hydrauliques*, et le mémoire de *Borda* dans les *Mémoires de l'Académie des sciences pour l'an* 1767.

133. *Sméaton*, voulant entreprendre des expériences sur les roues à aubes, résolut de se servir d'un appareil qui pût donner des résultats immédiatement applicables aux machines hydrauliques. Cet appareil était un modèle de roue à aubes sur l'arbre de laquelle s'enroulait une corde que l'on faisait varier à volonté, ainsi que la vitesse et le volume du courant qui frappait les palettes de la roue.

134. *Sméaton* a déduit des expériences qu'il a effectuées avec cet appareil, les règles suivantes sur l'effet des roues à aubes mues par un courant d'eau, renfermé entre les parois d'un coursier, en comparant la quantité d'eau dépensée et la vitesse du courant:

1°. La charge virtuelle ou effective étant la même, l'effet est à peu près comme la quantité d'eau dépensée;

2°. La dépense étant la même, l'effet est à très-peu près proportionnel à la charge virtuelle ou effective;

3°. La quantité d'eau dépensée étant la même, l'effet est à peu près comme le carré de la vitesse;

4°. L'ouverture de la vanne étant la même, l'effet sera à peu près comme le cube de la vitesse de l'eau.

Le rapport moyen entre la puissance et l'effet est celui de 3 à 1 dans les grandes machines; et le rapport moyen entre les vitesses de l'eau et de la roue est généralement celui de 5 à 2.

135. Voici maintenant les résultats des expériences de *Bossut* sur les mêmes roues à aubes:

1°. Qu'il est avantageux de donner aux roues le plus grand nombre d'ailes ou d'aubes possible, sans cependant qu'elles de-

viennent trop pesantes. On donne ordinairement aux grandes roues de sept mètres de diamètre, qui sont mues par un courant rapide, 36 à 40 aubes. L'arc plongé dans l'eau n'excède guère 25 à 30 degrés. *Bossut* croit qu'elles produiraient un plus grand effet, si on augmentait le nombre des aubes. C'est un usage, ajoute-t-il, de donner un petit nombre d'ailes aux roues qui trempent dans les rivières; et cela pour empêcher que les ailes ne se couvrent les unes les autres, et pour que chacune puisse recevoir le choc de l'eau. Dans la pratique, on donne pour l'ordinaire huit à dix ailes, et quelquefois moins, aux roues des moulins placées sur des rivières. *Bossut* pense que le nombre est trop petit, et que les roues dont il s'agit, marcheraient mieux, si elles avaient douze à dix-huit ailes.

2°. La vitesse que la roue doit prendre par rapport à celle du courant pour que la machine produise le plus grand effet possible, est comme 2 à 5, soit pour les roues placées sur des rivières, soit pour celles contenues dans un coursier étroit.

3°. Dans les roues posées sur des canaux qui ont peu de pente, et dans lesquels l'eau a la liberté de s'échapper aisément après le choc, il convient de diriger les ailes au centre. Au contraire, sur les coursiers qui ont beaucoup de pente, les ailes doivent être inclinées d'une certaine quantité au rayon, tant pour être frappées plus perpendiculairement que pour recevoir une augmentation de force de la part du poids de l'eau. Il y a toujours une certaine obliquité qu'il ne faut pas passer, parce qu'on perdrait plus par la diminution du choc, qu'on ne gagnerait par le poids de l'eau qui glisse sur les ailes et qui les presse.

136. *De Parcieux* (Mémoires de l'Académie, an 1759) rapporte plusieurs expériences, dans lesquelles les ailes inclinées au rayon sont plus avantageuses que les ailes dirigées au centre.

137. M. *Fabre* prescrit que les aubes soient taillées en biseau à

la circonférence extérieure de la roue; car, dit-il, si on leur donne la forme *a b c d* (Pl. XLIII, fig. 1.), il est évident que l'extrémité rectangulaire *d e* interceptera une partie du fluide qui n'agira pas comme elle eût fait en tombant sur la partie correspondante de l'aube voisine; et, comme le nombre d'ailes doit être le plus grand possible, on perdrait plus d'un côté qu'on ne gagnerait de l'autre; c'est pour éviter un tel inconvénient qu'il faut tailler les aubes en biseau et leur donner la forme *a b f c*.

138. Nous allons rapporter quelques règles pratiques fort utiles sur la construction des coursiers, données par M. *Fabre*. Soit la roue verticale D E F (Pl. XLIII, fig. 2) : si l'on suit la méthode ordinaire, on laissera pour le jeu de la roue un espace B *b* entre la circonférence extérieure et le fond A B du coursier. A travers cet intervalle, il s'échappera en pure perte une certaine quantité d'eau d'autant plus considérable, qu'elle y aura plus de vitesse à raison de sa grande chute, et dont l'effet serait d'autant plus grand pour cette raison. Ainsi la perte ne peut être que considérable. Prenons la position la plus désavantageuse de la roue, celle où l'angle G C N, formé par deux ailes consécutives G *g*, H *h*, est divisé en deux parties égales par la verticale C B; et par un point *g'*, pris tant soit peu au-dessus de l'extrémité G de l'aile G *g*, menons *g'* B' A' parallèles à B A. Laissons entre la circonférence extérieure et le point B' de cette ligne l'intervalle nécessaire au jeu de la roue. Si nous regardons A' B' comme le fond du coursier, et que nous donnions à la roue le plus grand nombre d'ailes possible, pour peu de vitesse qu'ait le courant, il n'y aura aucune des particules qui s'échappaient auparavant, qui ne produise son effet sur la roue. Car, pour peu que cela n'eût pas lieu, il faudrait que ces particules pussent descendre de la quantité *b b'* dans le temps qu'elles emploîraient à parcourir B' *b'*; ce qui n'est guère possible à cause de la petitesse de l'espace B' *b'*.

139. Donnons au fond du coursier la forme A′ B′ L L′ telle que L L′ soit parallèle à A′ B′, et qu'elle s'étende jusqu'au point H, le dernier qui reçoive l'impulsion du fluide; il est clair que le fluide, répandu sur l'espace B′ L L′, soutiendra les filets inférieurs, qui seront forcés pour lors à choquer la roue, quand même leur vitesse serait extrêmement petite. L'on voit par là qu'un simple ressaut au fond du coursier supprimera la perte du fluide qui se fait par le jeu inférieur de la roue daus la construction ordinaire. On pourra, si l'on veut, former ce ressaut par un arc de cercle B B′ concentrique à la roue.

140. Il n'est pas plus difficile d'anéantir la perte du fluide qui se fait par le jeu latéral. Soit A B C D (Pl. XLIII, Fig. 3), la partie inférieure du coursier, et C D E F la position dans laquelle doit se faire le mouvement de la roue selon la méthode ordinaire. Augmentons de chaque côté la largeur E F de cette dernière partie des quantités égales E G, H F; elle deviendra E G K I H F, et ce ne sera plus dans C D E F, mais dans G H I K que la roue doit se mouvoir. Donnons aux ailes la largeur M L > E F; je dis que les filets latéraux qui se perdraient dans la construction ordinaire, produiront ici nécessairement leur effet. Cela est évident, puisque tous les filets compris dans la largeur E F seront forcés à tomber sur P N, et ne pourront s'échapper à travers le jeu L Q et M R, qu'après avoir choqué les aubes. Ainsi il ne se fera point de perte à travers le jeu latéral d'une roue verticale en augmentant la largeur des aubes et celle du coffre du coursier au point d'impulsion.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Roues à auges ou à pots.* Pl. IV, fig. 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

141. On appelle ainsi les roues qui sont garnies de plusieurs auges pratiquées entre deux parois, élevées sur l'épaisseur de la

roue. Elles reçoivent à différentes hauteurs, l'eau qui les fait mouvoir. Les unes dans la partie supérieure; d'autres aux deux tiers, à la moitié, au quart de la hauteur. Cette eau remplit les pots ou auges du côté où elle tombe, et le poids du liquide, exercé d'un seul côté de la roue, détermine son mouvement.

142. L'expérience a démontré que les roues à augets produisent un plus grand effet que les roues à aubes. *De Parcieux*, dans deux mémoires imprimés parmi ceux de l'Académie des Sciences, pour 1754, a fait connaître le résultat des expériences qu'il fit au moyen d'une petite roue de 20 pouces de diamètre, portant 48 augets à sa circonférence. L'arbre de cette roue était composé de quatre cylindres concentriques posés dans le plongement les uns des autres, de manière que le même poids, suspendu à une corde qui pouvait s'enrouler successivement sur chacun des cylindres, s'élevait proportionnellement à leurs rayons respectifs, pendant que la roue décrivait un arc déterminé; il trouva que, sous une même dépense d'eau, le même poids était élevé à une hauteur d'autant plus grande, que la roue tournait lentement. Cet auteur avance que la manière la plus avantageuse d'employer l'eau, lorsqu'on peut disposer d'une chute de 4 pieds et au dessus, est de se servir d'une roue à pots.

143. *Sméaton* a entrepris des expériences sur les roues à pots, d'où il résulte que le rapport entre la puissance mécanique qui agit sur une roue à pots, et le maximum d'effet, est comme 3 à 2. Il appelle *puissance mécanique* la quantité d'eau dépensée multipliée par la hauteur de sa chute. Et, comme il avait trouvé précédemment, par ses expériences sur les roues à aubes, que le plus grand effet de ces roues était celui de 3 à 1, il en conclut que l'effet des roues à pots, supposées dans les mêmes circonstances, quant à la charge et à la dépense d'eau, est en général double de celui des roues à palettes, ce qui assigne d'une ma-

nière plus précise qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, l'avantage des uns sur les autres.

144. *Sméaton* tire de ses expériences la règle pratique, que la vitesse la plus avantageuse avec laquelle la circonférence d'une roue à augets puisse se mouvoir, est de trois pieds par seconde, sans que le diamètre de la roue influe sur cette valeur. Théoriquement parlant, la roue produit d'autant plus d'effet, qu'elle tourne avec plus de lenteur; mais il est évident que la capacité des augets doit augmenter en raison inverse de la vitesse de rotation; et comme, à mesure que cette capacité augmente, la roue devient elle-même plus pesante, il arrivera qu'au-delà d'un certain terme, l'inertie de la machine et l'augmentatiou du frottement des pivots feront perdre l'avantage produit par la lenteur de son mouvement. *Sméaton* a reconnu que le mouvement d'une roue à augets cesse en général d'être régulier, lorsque sa vitesse est au-dessous de deux pieds par seconde.

145. *Bossut* a fait aussi des expériences sur les roues à pots, d'où il résulte que la vitesse requise pour le plus grand effet, est à là vitesse que la roue prendrait naturellement, si elle n'avait aucun fardeau à élever, comme 1 est à 5 environ. Les roues à pots, dit cet auteur, sont beaucoup plus avantageuses que les roues à ailes, lorsqu'on peut se procurer une grande chute d'eau. On doit donc employer des roues à pots dans ces sortes de cas. Mais souvent la chute est petite, et on est obligé de prendre l'eau par-dessous la roue, au moyen d'ailes que le fluide frappe. De plus, il y a des occasions où l'on a besoin que la roue tourne très-vite, et où l'on a d'ailleurs de l'eau en abondance. Alors une roue à ailes est fort bonne; comme le mouvement des roues à pots doit être lent, on ne pourrait en ce cas employer une roue de cette espèce qu'en la faisant engrener avec une lanterne ou avec une autre roue, ce qui compliquerait la machine et aug-

menterait les frottemens. Les roues à ailes sont encore les seules qui puissent être d'usage sur les rivières.

146. La grandeur des godets d'une roue doit être suffisante pour contenir toute l'eau qui lui est nécessaire. Il y a des roues dont les godets ont trois à quatre décimètres de profondeur, ce qui exige des courbes fort larges qui sont difficiles à trouver, et ce qui diminue la puissance de la machine en raccourcissant les rayons de la roue ; il vaut mieux donner plus de largeur et moins de profondeur.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roues à godets simples.* Pl. IV, fig. 3 et 4. *Plan et Élévation.*

147. Dans quelques roues à godets, les cloisons qui séparent les godets suivent la direction des rayons. Dans le plus grand nombre, ces cloisons font avec les rayons des angles plus ou moins aigus; dans d'autres enfin, chacune d'elles est formée de deux portions dont la première, suivant la direction des rayons, et l'autre incliné. Voyez la fig. 9, Pl. V.

Les fig. 9 et 10 (Pl. V.) représentent une roue à godets de grande dimension. On doit observer que les auges sont soutenues par des pièces de bois obliques en sens contraire les unes des autres. Cette disposition donne beaucoup de solidité à cette roue et prévient tout ébranlement.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à godets à double cloison.* Pl. IV, fig. 5 et 6.

148. Cette roue, inventée en Angleterre il y a quelques années, a pour objet de contenir dans ces godets la plus grande quantité d'eau possible. La séparation de chaque godet est formée par deux cloisons *a a* et *b b*. Chacune d'elles a une double inclinaison, c'est-à-dire, elle forme un angle aigu avec le rayon, et un autre angle pareillement aigu avec la bande laté-

rale *d d* de la roue. Par cette disposition très-ingénieuse, les godets conservent l'eau jusqu'au point le plus bas.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à canal intérieur.* Pl. VI, fig. 5 et 6.

149. *Buchanen* (*a*), ingénieur écossais, eut pour but, en imaginant cette roue, de construire des godets d'une forme facile à remplir et capables de retenir l'eau, de manière à produire, au moyen d'une chute très-basse, un effet presque égal à celui qu'on obtiendrait en recevant l'eau au point le plus élevé de la roue. Au lieu d'appliquer l'eau sur la roue en dehors des godets, il a disposé le coursier de manière à verser l'eau dans les godets du côté intérieur vers la roue. Les godets se vident au moyen d'ouvertures pratiquées en dehors sur toute leur longueur; ces ouvertures ne doivent avoir de largeur, qu'autant qu'il est absolument nécessaire pour laisser échapper toute l'eau contenue dans les godets, avant qu'ils ne commencent à monter du côté opposé.

La figure 5 est une élévation de la roue avec une partie des godets et du coursier vus en coupe; la figure 6 est un plan ou coupe horizontale de la roue et du coursier; A, A coursier; — *a a a a*, ouvertures par lesquelles l'eau s'échappe des godets; — *b*, ouverture en sens opposé qui laisse entrer l'eau fournie par le coursier.

La figure 7 fait voir une autre méthode de distribuer l'eau en dedans des godets.

Les bras des roues hydrauliques, de la manière dont on les place ordinairement, se fatiguent le plus dans la direction de l'effort que fait l'eau sur leurs extrémités, ce qui est en général dans les sens de la longueur de la mortaise; pour y remédier,

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 10.

M. *Buchanen* a appliqué tout à l'entour de la roue des pièces à queue d'aronde F F. Afin de réunir ces pièces, on place de chaque côté un cercle de fer qui sert à les boulonner ensemble; l'entre-deux est rempli par des bloquets de bois. Cet arrangement permet d'employer des bois de petit échantillon.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à double rang de godets.* Pl. IV, fig. 7 et 8.

150. Le double rang de pots placés en sens contraire dans cette roue a pour but de changer à volonté son mouvement de rotation, c'est-à-dire, de la faire à volonté tourner dans un sens ou dans l'autre contraire. Le premier rang reçoit l'eau de la source par une soupape E; le second rang la reçoit par la soupape F; de sorte que, si la soupape E est ouverte, la roue tourne de droite à gauche; et si, à l'opposé, la soupape F est ouverte, et la soupape E fermée, la roue tourne de gauche à droite. Des leviers *m*, *n* servent à ouvrir et à fermer ces soupapes. Les cloisons des deux rangs d'augets font avec la surface extérieure de la roue des angles semblables, mais tournés en sens inverse.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à augets de M.* Nouaille de Gréat-Ness (*a*). Pl. VI, fig. 8.

151. La plupart des roues à augets sont établies de manière à recevoir l'impulsion de l'eau au sommet de leur circonférence, ce qui suppose une hauteur de chute égale au diamètre de la roue; mais, certaines localités ne permettant de disposer que d'une chute très-faible, il importe d'avoir un moyen d'en obtenir la même force que d'une chute plus élevée. A cet effet, M. *Nouaille* propose de construire le canal qui décharge l'eau sur cette roue, de manière à ne laisser échapper que la quantité nécessaire pour lui imprimer le mouvement; il est garni d'une

(*a*) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14e année.

vanne horizontale qui glisse sur le fond et qui permet de régler le courant d'eau. Supposant la chute de 4 mètres, dans ces cas l'auteur emploie une roue de 5 mètres de diamètre, qui est frappé sous un angle de 53°.

B est le fond du coursier, — A B est la hauteur de la chute, et A C la profondeur de l'eau dans le canal ou biez supérieur. Or, au lieu de construire, comme on le fait ordinairement, une roue d'un diamètre égal à B C, la roue D E F G proposée par l'auteur est d'un quart plus grande; elle reçoit l'impulsion de l'eau en E. Le fond C du canal C H L ne doit pas se joindre à la planche inclinée H, mais laisser un petit espace à travers lequel l'eau tombe sur les auges de la roue.

On règle la grandeur de cet orifice par une vanne horizontale K placée sur le fond du canal, et qu'on fait avancer ou reculer à l'aide d'un levier à bascule N, mû par une vis de rappel ou par tout autre moyen. De cette manière, on est le maître de régler la quantité d'eau qui doit tomber dans les auges de la roue.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Roues fluviales*. Pl. V, fig. 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13.

152. Les roues fluviales diffèrent en général des roues qui se meuvent dans un coursier: 1°. parce qu'elles ont un plus petit nombre d'aubes; 2°. parce que les dimensions de ces aubes sont incomparablement plus grandes. On trouve rarement des roues à coursier qui aient des aubes plus larges que 6 à 7 décimètres, tandis que, sur les rivières, on voit des roues dont les aubes ont 5 ou 6 mètres de longueur. Les fig. 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13 indiquent les méthodes de construire les roues fluviales les plus usitées.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roues soutenues par un bateau simple*. Pl. VI, fig. 2 et 3.

153. L'axe horizontal *a a* traverse le bateau et porte à ses extrémités deux grandes roues à aubes *b b*. Deux longues tra-

verses de bois *d d*, *d d* servent à fixer le bateau au moyen de quelques pieux que l'on plante de chaque côté, ou au moyen de câbles que l'on amarre à ces points fixes. Un pont *c c* est placé au devant des roues.

Cette méthode est très-défectueuse. L'impulsion que reçoivent les roues, est bien moindre que celle qu'elles recevraient, si elles étaient placées dans un coursier, puisqu'il résulte, des expériences faites par *D'Alembert et Bossut* (*a*), que l'effort exercé par un courant d'eau d'une largeur indéfinie contre un plan qu'on lui oppose, n'est, à égalité de circonstance, que la moitié de l'effort qu'il produirait contre le même plan dans un coursier étroit, dont la largeur ne serait pas plus grande que celle que le mouvement libre du plan exige. Cependant elle est presque généralement adoptée sur les rivières de France.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue soutenue par deux bateaux.* Pl. VI, fig. 4.

154. Cette méthode, en usage en Italie, sur l'Adige, sur le Pô et sur d'autres rivières, est préférable, sous tous les rapports, à la précédente. Deux bateaux sont placés parallèlement à une distance à peu près égale à la largeur de la roue, et forment ainsi un coursier étroit. Une vanne est adaptée sur le devant de la roue entre les deux bateaux. On voit que, par cette disposition, 1°. le courant d'eau arrive directement à la roue, tandis que, dans la méthode précédente, divisé par la proue du bateau, il perd une portion de sa force et prend une direction oblique de chaque côté; 2°. le courant étant resserré comme dans un coursier, son impulsion sur une seule roue doit produire au moins le même effet que sur deux roues d'égales dimensions, disposées suivant la méthode précédente.

(*a*) *Hydrodinamique* de Bossut, tome 2.

TROISIÈME VARIÉTÉ.—*Roue flottante de M.* Williamson (*a*). Pl. VI, fig. 9.

155. L'objet de cette invention est d'employer une roue hydraulique dans des localités, où le cours d'eau qui doit la faire mouvoir ne peut être retenu par des vannes à la hauteur convenable. M. *Williamson* pense que ce moyen permettra d'établir des roues à eau au bord des rivières, sans être obligé de détourner une portion du courant, pour la faire passer dans des coursiers de maçonnerie, dont la construction est toujours dispendieuse; il suffit, pour cela, de placer la roue sur une charpente en forts madriers de chêne, après avoir pris toutefois les précautions nécessaires contre les glaces et d'autres corps flottans qui pourraient en interrompre le mouvement. Avec quelques légères modifications, il serait même possible d'en faire usage dans les rivières qui éprouvent l'effet des marées. On sait que, dans certains endroits où les eaux sont assez abondantes pour faire tourner un moulin, la crainte d'inonder les terres voisines empêche de les retenir à la hauteur convenable: dans ces circonstances, la roue flottante sera utile.

Le principe de cette invention est très-simple. Au lieu d'approprier, comme dans la pratique ordinaire, le courant d'eau et sa chute aux dimensions et à la force de la roue, celle-ci s'accommode parfaitement aux eaux de toutes profondeurs, pourvu qu'il y ait une chute suffisante pour la faire tourner; cette opération se fait sans difficulté et sans avoir besoin de déranger ou de changer en quoi que ce soit le mécanisme du moulin ou celui de la roue.

Un des principaux avantages de la roue flottante est d'éviter l'établissement des coursiers en maçonnerie. Cependant, si l'on

(*a*) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14e. année.

voulait encaisser les eaux, de manière à les diriger plus immédiatement sur les aubes, il suffirait d'établir quelques planches de chaque côté.

Le service de la roue est très-facile, et n'exige pas la moindre attention de la part du meunier; son mouvement, qui est régulier et uniforme, ne peut être interrompu ni ralenti, tant qu'il y a une suffisante quantité d'eau. En hiver, on la met à l'abri de l'effet des gelées, en l'élevant de manière qu'elle ne puisse être atteinte par les gelées: elle exige peu de réparations, et convient particulièrement aux situations où les eaux sont sujettes à des crues subites.

A A A est une charpente en forts madriers de chêne proportionnée au courant de l'eau et à la dimension de la roue. — B montant qui porte une poulie L, sur laquelle passe une corde dont l'un des bouts, garni d'un crochet H, est attaché à la traverse G, et l'autre porte un poids M. — C, pignon en fer qui transmet à l'arbre du moulin le mouvement qu'il reçoit de la grande roue D. — D, grande roue hydraulique flottante d'une dimension convenable, et disposée de manière à pouvoir s'élever et s'abaisser à volonté. Elle est garnie à la circonférence d'aubes *a a a a*, et sur l'un de ses bords de dents en fer ou en bois *o o* qui engrènent dans celles du pignon C. — E, axe en fer sur lequel tourne la roue D. Cet axe traverse l'épaisseur de cette roue et les deux jumelles E F. — G, traverse inférieure qui réunit les deux jumelles; elle porte au milieu de sa longueur un anneau à queue taraudée serré par un écrou, dans lequel s'engage le crochet H attaché au bout de la corde. K, rainure pratiquée dans la pièce de bois courbe S; elle reçoit l'extrémité de l'axe de la traverse G. — L, poulie en fer fixée au montant B. — M, poids attaché à l'extrémité de la corde; il doit être d'une pesanteur à peu près égale à celle de la roue D et de son

châssis, afin de la faire plonger dans le courant. — N, axe du pignon C N en coupe. — P, traverse supérieure des jumelles vue en coupe. — R, corde qui sert à faire monter et descendre le châssis dans lequel est placée la grande roue D.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à supports mobiles.* Pl. V, fig. 11, 12, et 13. *Plan, élévation de face et de profil.*

156. Les figures 11, 12, 13, représentent une des grandes roues employées dans la machine hydraulique du pont Notre-Dame. Cette machine étant placée dans un bâtiment fixe, on a dû chercher le moyen de la faire agir librement de tout temps, quelles que soient les variations de hauteur du niveau de la rivière. A cet effet la roue et les engrenages, auxquels elle transmet le mouvement, sont soutenus par un châssis mobile que l'on élève et que l'on abaisse au moyen de quatre *cricks à engrenages* qui agissent sur quatre poutrelles verticales, adaptées aux quatre coins du châssis; ces poutrelles ont plusieurs trous dans leur hauteur, où l'on passe des barres de fer pour les arrêter. Ainsi donc la roue et tout l'équipage qui y est adapté, est soutenu par ses poutrelles; mais, pour plus de sûreté, on les cale en dessous, lorsque la roue est à la hauteur convenable pour travailler.

A est la vanne placée au devant de la roue, pour arrêter son mouvement en cas de besoin; on élève et on abaisse cette vanne au moyen du crick *m*. — *B B B B* sont les poutrelles qui servent au levage de la roue. — *n n n n* sont les cricks qui correspondent à chacune de ces poutrelles. — C C est la grande roue à aubes qui porte sur un de ses flancs la roue dentée concentrique *a a*, laquelle engrène avec la lanterne *b*. — D D est le châssis sur lequel la grande roue repose : on voit que cette roue est renfermée dans une espèce de coursier M M.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à aubes mobiles horizontales.* Pl. IV, fig. 13 et 14.

157. Chacune des aubes de cette roue horizontale est mobile sur un axe placé à sa partie supérieure. Les pivots de cet axe tournent dans des crapaudines 1 1 1 1. Ces crapaudines sont adaptées aux extrémités des châssis 3 3 3 3, et sont placées de manière à retenir les aubes du côté B, et à les laisser libres du côté opposé A; de sorte que toutes les aubes placées de ce côté sont ouvertes par le courant et obligées à se placer dans une situation parallèle; elles n'opposent presque aucune résistance à son libre passage (en supposant la roue immergée en partie ou même en totalité); tandis que toutes les autres aubes, se trouvant retenues par leurs châssis, reçoivent l'impulsion de l'eau, et déterminent le mouvement de la roue.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à aubes mobiles verticales.* Pl. IV, fig. 15 et 16.

158. Cette roue, comme la précédente, se meut dans un plan horizontal; comme la précédente, elle conserve la propriété de tourner, quoique immergée à une profondeur plus ou moins grande. Les aubes de cette roue sont mobiles dans le sens vertical; chacune d'elles est soutenue par des charnières 1, 2, qui lui permettent de s'ouvrir d'un seul côté. Ainsi, quand l'impulsion de l'eau agit sur la roue, les aubes de droite s'ouvrent et n'opposent aucune résistance au passage de l'eau, au lieu que celles de gauche, restant immobiles, reçoivent le choc du courant et occasionent le mouvement de la roue.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Roues horizontales dans un coursier.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roue à aubes planes.*

159. Cette roue diffère d'une roue à aubes verticales: 1°. par son diamètre qui est généralement bien moindre; 2°. par la

position des aubes, lesquelles sont perpendiculaires au plan de la roue dans les verticales; tandis que, dans les horizontales, elles doivent être inclinées en sens opposé de la direction du courant, l'expérience ayant démontré que cette inclinaison augmente l'effet de la machine.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à aubes courbes.* Pl. IV, fig. 9 et 10.

160. Le diamètre de ces roues n'a ordinairement que 1 à 2 mètres; elles se meuvent dans un coursier dont la forme est indiquée par la fig. 4 (Pl. V). Elles servent utilement, lorsque l'on a un courant d'eau très-rapide. En général, quelle que soit la forme des roues horizontales, on ne les emploie ordinairement que dans un cas semblable.

161. Applications. Aux moulins à blé. — Comme ces roues tournent avec une grande rapidité, et qu'elles ont un mouvement de rotation semblable à celui que doit avoir la meule, on obtient par leur moyen des moulins d'une très-grande simplicité. Les fameux moulins du Basacle, qui existaient autrefois à Toulouse, et dont on trouve la description dans l'*Architecture hydraulique* de *Bélidor*, étaient mus par des roues semblables à celles de la fig. 4 (Pl. V).

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à écuelle.* Pl. IV. fig. 11 et 12.

162. L'extrémité des rayons *a a a*, insérés dans l'axe *b* de cette roue, est terminée par une espèce d'écuelle *d d*, et chacun des rayons est soutenu en-dessous par un étançon *m m*. Le coursier qui conduit l'eau sur cette roue, doit aboutir exactement au-dessus des écuelles.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roues à poire*, Pl. VI, fig. 10.

163. Les roues à poire sont en usage dans le Dauphiné et

dans d'autres contrées montagneuses pourvues de chutes d'eau hautes et abondantes. Elles tournent avec une grande rapidité, et simplifient la construction des moulins. Mais elles ne peuvent servir dans les endroits où les courans d'eau n'ont qu'une vitesse médiocre.

164. Un tambour conique A est composé de douves assemblées comme dans les cuves ou les tonneaux. Un axe vertical *b* traverse ce tambour dont le plus grand diamètre se trouve dans sa partie supérieure. Autour du tambour sont disposées des palettes *m m m m*, en forme des spirales. La roue à poire ainsi construite est placée dans une espèce de bassin en maçonnerie, dont la figure fait voir la coupe. L'eau est conduite par le coursier *d*, qui la verse sur les palettes *m m m m*, où elle agit par le double effet de son impulsion et de son poids. Le canal *r* donne issue à l'eau qui agit.

GENRE DEUXIÈME. — Roues à flux et reflux.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Roues verticales*. Pl. VI, fig. 11.

165. La roue A est soutenue par deux flotteurs B B. Elle est placée au milieu du coursier *a a*, et elle tourne toujours dans le même sens, soit que le flux agisse sur elle, soit qu'elle recoive l'impulsion du reflux. Des portes *busquées* angulaires 1, 2, semblables à celles des écluses, sont placées dans le canal *m m*. D'autres portes de la même espèce sont disposées dans les deux canaux latéraux *r r* et *s s*. Supposons que le flux agisse, le courant d'eau ouvrira les portes 1 et 2, et fermera les portes 3 et 4, de sorte que l'eau ne pourra se mouvoir librement que dans le canal *m m*, et la roue tournera de droite à gauche. Lorsque le reflux commencera à se faire sentir, le courant aura une direction opposée, les portes 1, 2 lui opposeront leur sommet, et ne pourront être ouvertes; mais, au contraire, les portes 3 et

4 s'ouvriront librement, et le courant entrera dans le canal *r r*, se repliera dans le canal *m m*, suivant la direction de la flèche 6, fera tourner la roue de droite à gauche, comme lorsqu'elle était mue par le flux, ensuite il sortira par le canal *s s*; de cette manière la roue tournera par le flux et reflux constamment dans le même sens.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Roue horizontale.* Pl. VI, fig. 12 et 13. *Plan et élévation* (*a*).

166. Cette espèce de *récepteur* a été imaginé par M. *Leslie* de Londres

a, arbre de la roue tournant sur un pivot ou axe de fer, lequel entre dans une crapaudine d'acier. — *b b*, ailes de roue un peu inclinées de manière à donner passage à l'eau dans une direction spirale. — *c c*, tambour ou enveloppe circulaire, dans lequel la roue tourne dans le moindre espace possible entre les parois et les ailes. — *d d d d*, second tambour d'un plus grand diamètre, placé au-dessus de la roue, et qui couronne le tambour *c c*, avec lequel il est combiné. — *e*, *k* portes mobiles qui s'ouvrent de côtés opposés; la première, du côté des courans, s'ouvre lorsqu'elle est pressée par le courant, et s'arrête contre le poteau *f*; la porte du côté opposé sera pressée en sens contraire, par le courant, et se fermera. L'opération inverse aura lieu, lorsque l'eau qui aura monté par le flux, voudra sortir à l'instant du reflux. Les lignes ponctuées indiquent ce mouvement contraire.

167. Maintenant, supposons que la surface d'une rivière *h*, affleure à marée basse le couvercle du tambour supérieur, afin que la même quantité d'eau puisse toujours agir sur la roue; une fois que la surface de l'eau est au-dessus du couvercle du tam-

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 22.

bour supérieur, l'eau qui passe par-dessus, ne produira pas un plus grand effet en s'élevant de plusieurs pieds, que quand elle se trouvera au niveau du couvercle.

168. *i i*, indique le fond de la rivière; l'eau entre dans le tambour en passant la porte *e*, jusqu'à ce qu'elle s'arrête contre le poteau *f*; là, elle trouve un passage au moyen duquel elle arrive au fond, l'eau s'échappe par la porte *k*; ceci est pour le mouvement, lorsque la marée baisse; quand, au contraire, elle remonte, les deux portes dont nous venons de parler, se ferment, et les opposées s'ouvrent; au moyen dequoi, l'eau descend comme auparavant et tourne la roue dans la même direction par le flux et reflux.

Observations. Cette roue comparée à la précédente offre les avantages suivans : 1°. Sa vitesse est plus uniforme, puisque c'est la même quantité d'eau qui agit toujours sur elle. 2°. Elle tourne dans le même sens par le flux et reflux, d'une manière plus simple. 3°. Comme la roue est horizontale, il est facile d'adapter sur son arbre un engrenage quelconque, puisqu'on peut élever cet arbre à volonté au-dessus de la surface de l'eau. 4°. Sa construction est plus économique.

GENRE TROISIÈME. — Balanciers hydrauliques.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Balancier de* Perrault. Pl. VI, fig. 14 (*a*).

169. L'eau qui coule dans le coursier *c* tombe dans une caisse *d*, qui tourne autour d'un axe *m*, et qui est partagée en deux portions égales par une cloison. Quand la base *a b* est horizontale, l'eau tombe de manière à être partagée en deux parties égales par cette cloison; dans toute autre position, la chute s'en fait dans la partie élevée. Dans celle que représente la

(*a*) *Recueil des Machines approuvées par l'*Académie des Sciences, tome 1.

figure, cette chute a lieu du côté de *b*; quand cette partie est pleine, la caisse tourne sur son axe et vient s'appuyer contre l'obstacle *f*, versant l'eau dont le poids a décidé son mouvement. L'autre partie se remplit à son tour, et ramène la caisse à sa position primitive, en s'appuyant sur l'obstacle *g*, et ainsi de suite.

Perrault proposait d'appliquer cette espèce de balancier hydraulique au mouvement d'un horloge à pendule.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Balancier à contrepoids.* Pl. VI, fig. 15.

170. *a*, coursier qui verse l'eau dans un seau *b*. Ce seau est suspendu à l'extrémité du levier *d d*, qui tourne autour de l'axe *c*, et dont l'autre extrémité, garnie d'un axe de cercle soutient, au moyen d'une chaîne, le contrepoids *f*.

La capacité du seau *b* doit être telle que son poids, plus la quantité d'eau qu'il contiendra, puisse entraîner le contrepoids et la résistance appliqués à l'autre extrémité du levier *d d*; et le contrepoids doit être suffisant pour soulever le second, lorsqu'il est vide.

Lorsque le seau, étant rempli d'eau, est parvenu au point le plus bas de sa descente, il rencontre un crochet de fer qui ouvre un clapet par où l'eau sort; quand le seau est entièrement vide, le clapet se ferme au moyen d'un petit contrepoids.

171. M. *Aldini* de Bologne a imaginé un balancier hydraulique de la même espèce. Ce balancier porte à son extrémité un auget qui remplit les mêmes fonctions que le seau dans le balancier précédent.

OBS. Ces balanciers hydrauliques peuvent être appliqués avec quelque utilité aux machines qui ont un mouvement alternatif, de la même nature que celui qu'ils ont, telles, par exemple,

que les diverses machines de percussion et spécialement les marteaux.

GENRE QUATRIÈME. — Chapelets et seaux moteurs.

PREMIÈRE ESPÈCE — *Chapelets*. Pl. VI, fig. 16.

172. *a*, coursier. — *c d*, tambours sur lesquels passe le chapelet, qui est composé de deux cordes ou chaînes sans fin, bien tendues, lesquelles soutiennent plusieurs vases ou caisses. L'eau que verse le coursier tombe successivement dans chaque caisse, de manière que toutes les caisses qui sont du côté du coursier, sont remplies d'eau, et, par leurs poids, elle font tourner le chapelet.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Seau moteur*. Pl. VI, fig. 17.

173. Une corde *a b* passe sur la poulie *c*, et soutient d'un côté un poids *d*, ou une autre résistance quelconque, et de de l'autre un seau *f*. Le tuyau *m* verse de l'eau dans le seau, et le remplit. Le seau, par son poids, entraîne la résistance, et la soulève, tandis qu'il descend; parvenu au point le plus bas de sa chute, il rencontre un crochet qui ouvre un clapet; l'eau se vide, et le seau remonte, entraîné par un contrepoids *d*, placé de l'autre côté de la corde. Le tuyau *m* porte un robinet 1; l'axe de ce robinet est garni, à l'extérieur, d'une portion de roue dentée qui engraine avec une autre portion correspondante de roue dentée adaptée à la corde. Au moyen de ce mécanisme, le seau, en montant et en descendant, ouvre et ferme le robinet, de manière qu'il n'y a aucune portion d'eau qui ne soit employée utilement.

174. Obs. Le chapelet produit un mouvement de rotation continue, et est préférable dans la plupart des cas au seau moteur, dont le mouvement est intermittent. On a proposé cepen-

dant quelques utiles applications de ce dernier au levage des fardeaux.

GENRE CINQUIÈME. — Spirales.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Spirale à axe horizontal.* Pl. VI, fig. 18.

175. L'axe *b b* doit être dirigé suivant la ligne du courant même, de sorte que la spirale *d d*, dans toutes ses positions, présente toujours à l'action impulsive du courant une surface oblique qui en reçoit le choc.

M. *Dubost* (*a*) a proposé d'appliquer cette spirale à un moulin à construire sur le Rhône. M. *du Quet* (*b*) l'a proposée pour une machine destinée à faire remonter les bateaux.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Spirales à axe oblique.* Pl. VI, fig. 19.

Cette spirale, renfermée dans un tambour creux, est absolument semblable à la vis d'*Archimède* usitée dans les travaux hydrauliques. Un coursier A verse l'eau dans la partie supérieure; et, en parcourant la spirale, elle lui communique un mouvement de rotationcontinue.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Spirales à axe vertical.* Pl. VI, fig. 20 (*c*).

176. A B sont deux tuyaux de plomb tournés en spirale à l'entour d'un seul arbre, mais dans des directions différentes. La capacité du tuyau inférieur doit être à celle du tuyau supérieur en raison inverse de leurs hauteurs perpendiculaires, plus la quantité jugée nécessaire d'après les calculs pour vaincre le frottement. Le tuyau B doit être un peu plus grand en haut, afin de prendre plus facilement l'eau de la chute.

(*a*) Machines approuvées par l'Académie, tome 7, n°. 479.

(*b*) *Idem*, n°. 338.

(*c*) *Annales des arts et manufactures*, tome 22.

Supposons maintenant le tuyau A rempli d'eau, et sa soupape ouverte; qu'on remplisse le bassin F avec un courant d'eau amené par le conduit D, et dont on veuille élever une partie à une plus grande hauteur. Si la soupape C est bien ajustée, le tuyau A se maintiendra plein. Actuellement, qu'on donne un mouvement de rotation à l'arbre vertical des deux tuyaux, et dans un sens opposé à celui du courant E, qui sort en bas du tuyau D, le mouvement de rotation continuera par cette seule cause, et une portion de cette eau sera élevée par le tuyau A, et déchargée dans le conduit circulaire G G, d'où elle se versera par l'ouverture H pour le service auquel on la destine.

177. M. le marquis *Ducrest* a décrit, dans ses Essais sur les machines hydrauliques, des pompes tournantes ou à force centrifuge qui ont beaucoup d'analogie avec la spirale que nous venons de décrire, et qui a été proposée par M. *West*.

GENRE SIXIÈME. — Récepteurs à pression latérale. Pl. XXXIV, fig. 6.

178. Un axe creux *a a* est surmonté d'une espèce d'entonnoir *b* dans lequel tombe l'eau conduite par le coursier *c*. Plusieurs tuyaux horizontaux *n n n n* sont adaptés à la partie inférieure de l'axe creux A A; ces tuyaux ont une ouverture 2 2 2 2 à une de leurs faces latérales; l'eau sort par une ouverture; mais, ne trouvant pas d'issue dans la face opposée, elle la comprime avec une force proportionnelle à la hauteur de la chute, et produit, par cette pression qui n'est pas contrebalancée, un mouvement de rotation.

GENRE SEPTIÈME. — Récepteurs à colonne d'eau.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *A simple effet*. Pl. VI, fig. 21.

179. Le robinet *h* étant ouvert, et celui *l* étant fermé, la pression de la colonne d'eau contenue dans le tuyau vertical *a b*,

fera monter la tige *f*; puis le robinet *h* se fermant, et celui *l* s'ouvrant, l'eau du cylindre *d* s'écoulera, la tige *f* et le piston du soufflet descendront. Ces deux mouvemens seront aisément entretenus, à l'aide de leviers ou régulateurs adaptés en *i* à la tige même du piston, et de la même manière que dans les machines à vapeur; on règlera et on proportionnera l'ouverture des robinets selon la vitesse qu'on voudra donner à la levée et à la descente du piston, et on déterminera le diamètre du cylindre *d* d'après la chute d'eau et l'effet qu'on désirera obtenir.

M. *Baillet* (*a*) a proposé d'appliquer cette espèce de machine à colonne d'eau, aux machines soufflantes à cylindre.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *A double effet.* Pl. VI, fig. 22.

180. *a*, cylindre de fonte dans lequel entre l'eau qui fait mouvoir le piston. — *b*, piston mu par l'eau. Il a un mouvement ascendant, lorsque l'eau arrive dans la partie inférieure *c*, et un mouvement descendant, lorsqu'elle arrive par la partie supérieure *d*; l'eau s'écoule du grand cylindre par les ouvertures *d*, *c*, communiquant à un autre petit cylindre, c'est-à-dire, que l'eau qui se trouve dans la partie supérieure, s'écoule par l'ouverture *d*, lorsque le piston monte, et qu'elle s'écoule par la partie inférieure *c*, lorsque le piston descend. En général, le jeu des soupapes et du liquide dans cette machine, est le même que celui de la vapeur et des soupapes des machines à vapeur à double effet. — *c*, ouverture inférieure du cylindre, par laquelle l'eau entre et sort alternativement. — *d*, ouverture supérieure du cylindre, par laquelle l'eau entre et sort alternativement. — *e*, réservoir qui contient l'eau qui doit faire mouvoir le piston. Cette eau tombe par le tuyau qui communique au réservoir; elle

(*a*) *Journal des Mines*, tome 3.

entre dans le grand cylindre, soit par l'ouverture *c*, soit par l'ouverture *d*, et exerce sur le piston une pression dûe à toute la hauteur de la colonne.—*f*, balancier communiquant à la tige du piston, et qui reçoit ainsi un mouvement d'oscillation.—*g*, mécanisme analogue à celui des machines à vapeur à double effet, pour faire ouvrir et fermer les soupapes d'entrée et de sortie de l'eau. — *h i*, grand balancier oscillant, appliqué par son extrémité *h* à la machine qu'on veut faire mouvoir. Le mouvement de ce balancier est déterminé par celui du piston *b*, auquel il communique par sa tige *f*.

Tout porte à croire, dit M. *Hassenfratz*, dans sa *Sidérotechnie*, d'où nous avons emprunté la description de cette machine, que les machines à colonnes d'eau produisent plus d'effet que les autres machines hydrauliques, la consommation d'eau étant la même, parce que dans ces sortes de machines, toute l'eau consommée est employée à produire l'effet, tandis que dans les autres, il y a toujours une partie de l'eau perdue. Mais elles exigent des chutes d'eau d'une hauteur considérable.

Appl. Il existe quelques machines à colonnes d'eau dans les mines de Schemnitz en Hongrie ; on les y a nommées *Hollische, machine*, du nom du maître des machines Holl, qui proposa et dirigea leur construction; elles sont destinées à élever l'eau de plusieurs galeries à l'aide du poids d'une colonne d'eau plus élevée. Le même Holl fit exécuter, à Schemnitz, une machine à colonne d'eau, qui produit le double effet de renouveler l'air des galeries, et d'en extraire l'eau qui s'y rassemble.

181. Il paraît que c'est à *Bélidor* que l'on doit l'invention des machines à colonnes d'eau. On trouve dans son *Architecture hydraulique*, les détails de celle qu'il a imaginée; elle est représentée (Pl. XXXIV, fig. 18), et nous la décrirons dans le livre sixième.

GENRE SEPTIÈME. — Belier moteur. Pl. VI, fig. 23.

182. Le belier hydraulique, cette utile invention de *Montgolfier*, précieuse par sa grande simplicité, n'a pas encore reçu tous les développemens dont elle est susceptible; bornée à élever des masses d'eau, elle ne fut jamais employée comme moteur immédiat applicable à toutes sortes de machines; cependant rien n'est plus simple, rien n'est plus facile que cette nouvelle application d'un usage très-étendu; il suffit de transformer en piston la soupape ascensionelle, d'y adapter une tige, et, à son extrémité, d'y faire agir les organes propres à transformer le mouvement ascensionel de cette tige en mouvement alternatif, ou en mouvement circulaire continu, de la même manière que cela se pratique dans les machines à vapeur.

183. Par cette transformation, le belier pourra communiquer le mouvement d'un courant d'eau quelconque, indistinctement aux diverses espèces de machines; il pourra dans un grand nombre de circonstances, remplacer avantageusement les roues à augets et celles à aubes qui souvent sont trop volumineuses, trop coûteuses, et opposent de trop grandes difficultés à leur établissement. Un exemple éclaircira cette assertion. Dans une rivière, il n'y a aucun local qui soit plus propice à l'établissement des machines mues par le courant, que celui qui se trouve immédiatement à la sortie des arches d'un pont; mais une foule de considérations très-graves sont en opposition avec leur placement dans le lieu désigné. Ces considérations disparaissent si l'on adopte le belier moteur. Que l'on suppose plusieurs de ces organes scellés le long des parois de chaque pile d'un pont; il est évident qu'ils n'encombreront aucunement la rivière, qu'ils ne présenteront aucun obstacle à la libre navigation; il est évident aussi que l'on peut, avec la plus grande

facilité, les garantir des chocs qu'ils pourraient recevoir. La tige de ces beliers aboutira à une chaîne soutenue et dirigée par des poulies de renvoi, et qui transmettra le mouvement aux machines que l'on établira sur le bord de la rivière. Dans certains cas, la transmission du mouvement pourra également être effectuée par des *varlets* et des *bièles*.

184. Je ne m'arrêterai pas plus long-temps sur ces sortes d'applications faciles; je me bornerai à en indiquer une, qui, par son importance et par les difficultés dont elle est environnée, me semble digne de remarque.

185. Il est un problème de mécanique pratique dont on s'occupe depuis long-temps, mais infructueusement. Un gouvernement d'Italie proposa, il y a quelques années, une récompense considérable à qui le résoudrait d'une manière satisfaisante; mais ni cet encouragement, ni les efforts réitérés de plusieurs hommes habiles, n'ont pu produire l'effet désiré. Je parle du problème qui a pour but de maîtriser un agent qui réunit la vigueur et l'inconstance, le flux et reflux de la mer. Sa très-grande variabilité, son énergie excessive dans certains instans, la direction opposée du mouvement dans le flux et reflux, les difficultés d'établir solidement les machines, de manière qu'elles puissent résister victorieusement au choc impétueux des vagues, de les faire agir quoique immergées à des profondeurs plus ou moins grandes, de les réparer, lorsque quelques-unes de leurs parties ont éprouvé quelque dérangement, furent autant d'écueils qui occasionèrent le naufrage de plusieurs inventions d'ailleurs très-ingénieuses. Tous ces obstacles paraissent s'aplanir devant le belier moteur. Cet organe dont les parties sont à la fois homogènes, solides, d'une étendue la plus circonscrite, me semble être indubitablement la plus apte à recevoir l'action du flux et reflux. Sa forme et la médiocrité de ses dimensions

donne la plus grande facilité pour l'établir inébranlablement dans un coursier très-solide. Il doit être placé un peu au-dessus du niveau des basses marées ordinaires pour avoir la facilité de nettoyer les tuyaux, et de réparer la soupape en cas de besoin. L'immersion du belier ne nuit aucunement à son action; et il est facile de lui adapter un régulateur qui rendra constante cette action. Le régulateur que je propose est le pendule conique du célèbre *Watt*. On sait que depuis quelques années, ce grand mécanicien a fait avec succès l'application de ce régulateur à l'introduction de la vapeur dans les cylindres des machines à vapeur. On sait que, depuis, on s'en est servi avantageusement en Angleterre, pour déterminer, dans les moulins à vent, le rapprochement plus ou moins grand des meules, suivant l'énergie plus ou moins grande déployée par le moteur. Ce pendule agirait sur la tige d'un robinet adapté à l'entrée du tuyau horizontal du belier, et ce robinet règlerait l'introduction de l'eau dans le tuyau, de sorte que si le courant est violent, l'ouverture sera très-petite, et à proportion que sa force diminuera, elle augmentera progressivement. Ce pendule doit avoir un mouvement de rotation continu, qui lui sera communiqué par la tige du piston.

186. L'idée de se servir du flux et reflux pour faire agir le belier hydraulique n'est pas nouvelle. *Montgolfier* en France, *Watt* et *Bolton*, en Angleterre, proposèrent de l'employer pour élever l'eau de la mer dans les enclos des salines; mais ils se limitèrent à cette seule application, et ne pensèrent aucunement à employer cet appareil comme moteur immédiat. Le belier à flux et reflux que je propose, est donc le même que celui de *Bolton*, à deux tuyaux horizontaux, dont un recevra l'action du flux et l'autre celle du reflux. Ces tuyaux aboutissent à un troisième placé verticalement, dans lequel le piston aura al-

ternativement un mouvement d'élévation et de descente. A chacun des tuyaux correspondra une tige du régulateur à pendule conique. Il est inutile de faire observer que ces régulateurs, ainsi que la machine agissante, doivent être placés hors des atteintes des vagues. Ainsi les seules différences essentielles qui distinguent mon belier à flux et reflux de celui de *Bolton*, sont le piston et le régulateur. Le premier généralise son usage aux diverses machines, le second corrige l'extrême variabilité de l'agent actif.

187. A, B, canaux dont l'un sert pour le flux, l'autre pour le reflux. — 1, 2, soupapes d'arrêt. — C, tuyau montant; *a*, piston ascensionel; *b b*, tige du piston; *d f*, balancier, qui du côté *d* est réuni à la tige *b b*, au moyen du parallélogramme destiné à maintenir la perpendicularité de cette tige, et du côté *f* porte la tringle *m* qui met en mouvement le volant *x*. A l'axe de ce volant est adapté un engrenage conique marqué 3; cet engrenage met en mouvement le *pendule conique* 4, lequel agit sur les tiges 5 5 des robinets 6 6, et en s'élevant et s'abaissant, il détermine l'ouverture plus ou moins grande des robinets, suivant le degré de vitesse acquise par l'axe *y* du volant.

CHAPITRE III.

De la vapeur de l'eau bouillante.

188. La vapeur de l'eau bouillante est un des agens moteurs les plus puissans que le génie ait su s'approprier. Elle produit par sa force expansive les effets les plus étonnans. On trouve dans les *Mémoires de l'Académie des sciences* pour l'année 1707, des observations communiquées par *Vauban*, d'où il résulte que 140 livres d'eau converties en vapeur, produisent une explosion capable de faire sauter une masse de 77,000 livres, tandis que 140 livres de poudre ne peuvent opérer un semblable effet que snr une masse de 30,000 livres, en sorte que la force de l'eau en vapeur serait plus que double de celle de la poudre.

189. L'expérience a démontré que la température de l'eau bouillante et des vapenrs qu'elle exhale dans un vase ouvert, demeure constamment la même, quelle que soit l'activité du feu qui produit l'ébullition. Mais, si le vase est clos, les degrés de chaleur augmentent progressivement, et la force élastique devient de plus en plus vigoureuse.

190. M. *Dalton* a mesuré les forces élastiques de la vapeur aqueuse, pour diverses températures comprises entre 0 et 100 degrés du thermomètre centigrade, c'est-à-dire, entre la température de la glace fondante et celle de l'ébullition.

La table suivante indique les résultats de ses expériences. La première colonne indique les degrés de température qui correspondent à chaque observation. La seconde indique la force élastique mesurée par l'élévation du mercure contenu dans un siphon recourbé, entièrement vide d'air, élévation produite par

la vapeur. Ces mesures sont marquées en pouces anglais, que l'on pourra aisément réduire en pouces français, en sachant qu'un pied anglais vaut 1 pied français et $\frac{70}{76740}$.

Température en degrés centigrades.	Forces élastiques de la vapeur en pouces anglais.
0,00	0,200
6,00	0,297
12,50	0,435
18,75	0,630
25,00	0,910
31,25	1,290
37,50	1,820
43,75	2,540
50,00	3,500
56,25	4,760
62,50	6,450
68,75	8,550
75,00	11,250
81,25	14,600
87,50	18,800
93,75	24,000
100,00	30,000

191. M. *de Bettancourt* a fait des expériences analogues à celles de *Dalton*, pour déterminer également la mesure absolue de la force expansive du gaz aqueux, correspondante aux différens degrés de température depuis la glace jusqu'aux plus hautes températures qu'on puisse observer, et il a obtenu les résultats contenus dans la table suivante. Ces expériences ont été faites avec le thermomètre de *Réaumur*, dont les degrés sont à ceux du thermomètre centigrade comme 5 est à 4.

Degrés du thermomètre de *Réaumur*.	Force expansive de la vapeur en pouces français.
0	0,00
10	0,15
20	0,65
30	1,52
40	2,92
50	5,35
60	9,95
67	14,50
70	16,90
80	28,00
90	46,40
95	57,80
100	71,80
104	84,00
110	98,00

M. *de Bettancourt* a examiné quelle était la force expansive de l'esprit de vin réduit en vapeur dans le vide, et il a obtenu les résultats suivans :

Degrés du Thermomètre.	Force expansive en pouces.
0	0,00
10	0,45
20	1,52
30	3,40
40	6,90
50	12,85
60	23,70
70	39,40
80	63,80
90	98,00

On trouve les détails des belles expériences de M. *de Bettancourt* dans la *nouvelle Architecture hydraulique* de M. *de Prony*.

192. (*a*) Un gramme de charbon développe, en brûlant, 7226 degrés de chaleur, suivant les expériences de *Lavoisier* et de *Laplace*. Or, un gramme d'eau à 100 degrés du thermomètre centigrade, pour se réduire en vapeur, absorbe 567 degrés; donc un gramme de charbon devrait réduire en vapeur près de 13 grammes d'eau, en supposant que sa chaleur fût toute employée, et que l'eau fût déjà portée à la température de 100 degrés. Mais, d'après un grand nombre d'essais faits sur les machines les plus parfaites et avec les fourneaux les mieux construits, M. *Clément* a trouvé qu'un kilogramme de charbon de bois ne produit que 6 ou 7 kilogrammes de vapeur, et un kilogramme du meilleur charbon de terre n'en donne jamais plus de 6; d'où l'on voit que la moitié à peu près de la chaleur est perdue par le rayonnement et la communication de la chaudière avec les corps environnans.

193. M. *Guenyveau*, dans son *Essai sur la science des machines*, donne les indications suivantes très-utiles sur la quantité d'eau nécessaire pour le service d'une machine à vapeur. Cette quantité est assez considérable, dit-il, pour former souvent un obstacle à leur établissement, ou du moins le sujet d'une grande dépense. Toutes les eaux ne sont pas propres à cet usage; celles que l'on extrait des mines sont en général corrosives, et détruisent très-promptement les chaudières, ce qui fait que l'on cherche à tout prix à s'en procurer d'autres: on pourrait à la vérité les faire servir à la condensation seulement, et n'employer de l'eau de source ou d'étang que pour alimenter la chaudière, en faisant quelques dispositions convenables; mais il ne paraît pas qu'on ait encore pratiqué rien de semblable.

(*a*) *Traité de physique de* Biot.

194. Une machine à vapeur, ajoute M. *Guenyveau*, à simple effet, consomme dans 24 heures environ 292 litres, ou décimètres cubes d'eau par décimètre carré de surface de piston; dans les machines à double effet, la même consommation a lieu pour une surface moitié moindre.

195. La chaudière doit recevoir une quantité d'eau d'environ 0,014 litres pour un décimètre carré de surface de piston et par chaque coup de celui-ci. Cette eau est prise ordinairement parmi celle qui a servi à la condensation.

196. Ordinairement on évalue l'effet d'une machine à vapeur, en comparant son travail avec celui que l'on obtiendrait d'un certain nombre de chevaux de force moyenne. Mais les mécaniciens ne sont pas d'accord sur la fixation du travail journalier d'un cheval; suivant *Watt*, ce travail est équivalent à 265,360 kilogrammes, ou bien à 265 mètres cubes d'eau, élevés à la hauteur d'un mètre, par heure de travail, en supposant que la journée soit composée de 8 heures de travail effectif; suivant *Sméaton*, à 190 mètres, et, suivant M. *Clément*, à 100 mètres.

Il y a des machines qui ont la force de 20, de 30 chevaux, etc. La plus forte que l'on connaisse est celle qui existe dans les mines de Cornouailles; elle a, dit-on, une puissance de 1010 chevaux, et elle sert à épuiser par des pompes une mine de 180 mètres de profondeur.

197. On trouve dans les *Annales des arts et manufactures* le tarif suivant du prix et de la consommation des machines à vapeur de M. *Edwards*, suivant les degrés de force dont elles sont susceptibles.

Puissance de chev.	Prix des mach.	*Consommation de combustible par heure.* Charb. de terre.	Bois dur.	Tourbe.
4 et 6.	15,300 francs.	18 kil.	72 kil.	124 kil.
8.	20,000	22	82	144
10.	24,600	25	96	168
12.	28,200	28	112	196
14.	33,600	32	128	224
16.	37,600	35	140	245
18.	39,800	39	154	270
20.	42,600	42	168	294
24.	45,500	49	169	340
26.	48,200	52	208	364
28.	50,600	56	224	392
30.	54,200	59	236	413
34.	59,600	66	262	458
36.	63,900	69	276	479
38.	66,500	72	282	518
40.	69,100	74	288	488
45.	73,800	76	304	532
50.	77,000	78	312	546

Les prix du tarif sont ceux des machines prises dans les ateliers à Senonches, y compris une chaudière en fonte, et les ferrures du fourneau. La voiture, l'emballage, le montage et la maçonnerie n'y sont pas compris.

Les machines à vapeur de M. *Edwards* pèsent mille hilog. par force de cheval.

198. M. *Molard*, dans un rapport qu'il a fait à la société d'encouragement sur la belle machine construite par M. *Edwards*, rue de Charonne, dit que M. *Richard*, propriétaire de la manufacture où cette machine de la force de six chevaux est établie, a assuré qu'elle fonctionne avec six kilogrammes de charbon de terre, terme moyen par chaque heure de travail. Si l'assertion de M. *Richard* est exacte, cette consommation ne serait que le tiers de celle énoncée dans le tarif.

199. Le meilleur moyen de se former des idées justes de l'utilité que peuvent présenter les machines à vapeur, est la comparaison de leurs produits avec la dépense qu'elles occasionent, comparaison déduite de résultats observés dans des machines depuis long-temps en activité. Nous allons donc exposer quelques-uns de ces résultats qui semblent dignes de confiance.

Pompe à feu de Chaillot.

200. M. *Hachette* a rapporté, dans son *Traité des Machines*, les données suivantes de la dépense et du produit de l'année 1807, extraites des registres de l'administration du département de la Seine.

Pour cette année 1807 :

Le temps du travail mesuré en heures est. . . 6434 heures.
Le même temps mesuré en jours de 24 h. est 268 $\frac{2}{12}$ jours.
Le poids du charbon brûlé est. . . . . 2,841,600 kil.
Le volume de la masse d'eau montée est 1,913,109 mèt. cubes.
La hauteur de l'ascension *maximum* est . . . . 32 mètres.
La dépense totale pendant l'année a été de 227,570 francs.
Ce qui donne pour la dépense d'un jour de 24 heures, 849 fr.

En adoptant le système d'évaluation de M. *Watt*, la force de cette machine est équivalente à la force de 108 chevaux.

Machine de Tarnowitz.

201. (Voyez *Journal des mines*, an 11.) Elle élève en 24 heures 292,464 mètres cubes d'eau à 1 mètre de hauteur réduite; elle consume en même temps 5141 kilogrammes de houille.

Machine de Litry.

202. (*Journal des mines*, tom. 13). Cette machine construite par MM. *Perrier*, a coûté 23,500 francs, y compris une

seconde chaudière de rechange; elle consume en 12 heures 18 quintaux de houille, et élève un poids de 1440 quintaux à 320 pieds de hauteur ; ou bien, en convertissant ces anciennes mesures en nouvelles, elle consume en 12 heures 881 kilogrammes de houille, et élève des fardeaux dont le poids équivaut à 7327 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur.

203. (*a*) MM. *Watt* et *Bolton* évaluent le travail de leurs machines à vapeur de la manière suivante, en prenant pour base la consommation d'un boisseau de charbon de Newcastle, pesant 84 livres, sans avoir égard au temps dans lequel ce boisseau a été dépensé, puisque cela dépend des dimensions de la machine. Suivant ces mécaniciens célèbres, la combustion d'un boisseau de charbon produit le travail suivant : 1°. Elle élèvera trente millions de livres à la hauteur d'un pied; 2°. elle fera moudre et blutter onze boisseaux de froment; 3°. elle fera laminer et fendre pour la clouterie, cinq quintaux de fer; 4°. elle fera marcher mille broches d'une filature à coton et toutes les machines préparatoires, avec la vitesse convenable; 5°. elle équivaudra à la force réunie de dix chevaux.

204. M. *Watt* trouve qu'avec les fourneaux les mieux construits, il faut exposer au moins huit pieds de la surface de la chaudière à l'action du feu et de la flamme pour convertir en vapeur un pied cube d'eau dans l'espace d'une heure, et qu'un boisseau de charbon de 84 livres convertira en vapeur de huit à douze pieds cubes d'eau.

205. Les machines à vapeur inventées en Angleterre y ont été perfectionnées et multipliées d'une manière étonnante. Elles y sont devenues le moteur universel. Plusieurs milliers de ces machines, dont la puissance varie depuis celle équivalente à la

---

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 12.

force d'un cheval, jusqu'à celle de 1000 chevaux, servent aujourd'hui à frapper les monnaies, à filer, à imprimer, à transporter les fardeaux, et à une foule d'autres usages. Presque toutes sont exécutées avec un soin et une précision étonnante. La plupart ne produisent aucun bruit incommode, et jouissent de l'avantage de détruire leur propre fumée.

206. Elles se propagent maintenant en France avec abondance. Un seul mécanicien, M. *Edwards* en a construit quinze en moins de deux années, lesquelles sont établies aux mines d'Anzin, à Grillon, à Montargis, à Orléans, à Saint-Quentin, à Elbeuf, à Bolbec, à Paris. Plusieurs autres mécaniciens habiles partagent avec M. *Edwards* le soin de multiplier ces utiles inventions; parmi eux, on distingne M. *Agneray* de Rouen qui a appliqué aux filatures, des machines à vapeur très-simples et très-bien combinées, où il a supprimé le balancier et quelques autres parties secondaires.

207. Depuis l'époque de *Savery*, réputé le premier constructeur des machines à vapeur jusqu'à nos jours, on a proposé un grand nombre de modifications tendantes à les perfectionner. Ces modifications sont de deux espèces. Les unes ont pour objet les méthodes particulières d'employer la vapeur, et elles embrassent le système entier de la machine; d'autres ne modifient que quelques parties secondaires.

208. Nous allons d'abord nous occuper des premières, et nous décrirons particulièrement les machines sans piston; les machines à pression atmosphérique; celles à simple effet; celles à double effet; les machines à forte pression; les machines à double effet et à double pression; et enfin celles à rotation immédiate.

Nous ferons ensuite connaître les principales modifications

de la seconde espèce, en décrivant les diverses parties secondaires qui entrent dans la composition des machines à vapeur.

209. Tout le jeu des machines à vapeur est fondé sur deux principes, le développement de la force élastique de la vapeur acquise par la chaleur, et sa précipitation subite par le refroidissement.

210. Dans la construction de ces machines quelle qu'en soit l'espèce, on doit mettre en usage tous les moyens possibles de diminuer la quantité de la vaporisation nécessaire à l'effet qu'on a en vue, de diminuer en même temps la dispersion de la chaleur, et par là ménager le combustible; on doit joindre à cette première économie celle de la matière et de la main d'œuvre, en resserrant les dimensions des pièces sans nuire aux résultats; mais on doit surtout prévenir les explosions par de sages précautions prises contre un agent dont la puissance devient destructive lorsqu'elle n'est pas limitée.

CLASSE TROISIÈME. — RÉCEPTEURS THERMIQUES.

211. J'appelle *récepteurs thermiques* les réunions d'organes connus sous le nom de *machines à vapeur*, et qui sont destinées à recevoir et à transmettre le mouvement produit par l'action de la vapeur de l'eau bouillante.

Cette classe contieut trois genres; récepteurs thermiques sans piston, récepteurs thermiques avec piston, et recepteurs thermiques à rotation immédiate.

GENRE PREMIER. — Récepteurs thermiques sans piston.

Ce genre renferme deux espèces; sans balancier; et avec balancier.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Récepteurs thermiques sans piston et sans balancier.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Ancienne machine de* Savery. Pl. VII, fig. 1 (*a*).

212. *Savery* fut un des premiers qui, vers la fin du dix-septième siècle, construisit des machines à vapeur en Angleterre. Ses machines avaient pour but de faire monter l'eau de la manière suivante.

213. Les deux vases 1, 2, sont disposés de manière qu'il peuvent alternativement recevoir de la vapeur et de l'eau froide, qui leur vient du réservoir V avec lequel ils communiquent par le moyen des tuyaux 3, 4, et 6, 7, Supposons que 1 soit rempli de vapeur, les robinets 9 et 10 étant fermés. Si on ferme le robinet 5 pour intercepter la communication entre le vase 1 et la chaudière, la vapeur commencera à se condenser dans le vase par la seule fraîcheur de l'air extérieur : si alors on ouvre le robinet 10, l'eau du réservoir V montera dans le vase 1 à cause du commencement de vide qui s'y est formé, achèvera la condensation de la vapeur, et remplira le vase 1. Qu'on ferme alors le robinet 10, et qu'on ouvre les robinets 9 et 5, la communication étant rétablie entre la chaudière et le vase 1, la vapeur viendra presser l'eau qui y est contenue; cette eau ne pourra plus redescendre par 11; mais trouvant 9 ouvert, elle montera par le tuyau 12 à une hauteur proportionnelle à l'effet de la vapeur. Lorsque le vase 1 sera ainsi vidé d'eau et rempli de vapeur, on fermera les robinets 9 et 5; et les choses deviendront au même état qu'au commencement de cette description. Le vase 2, les tuyaux 6 et 7, et les robinets 14, 15, et 6 font de leur côté les mêmes fonctions, de manière

(*a*) *Nouvelle architecture hydraulique de* Prony, tome 1.

que quand la condensation a lieu dans l'un des deux vases, l'ascension de l'eau a lieu dans l'autre, et réciproquement.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Autre machine de* Savery. Pl. VII, fig. 2 (*a*).

214. Le vase F se remplit de vapeur qui lui vient de la chaudière B par le tuyau D. Alors, par le moyen du robinet C, on intercepte la communication entre la chaudière et le vase; on tourne ensuite le robinet M, et on introduit de l'eau froide en F, qui y condense la vapeur et y fait le vide. Le robinet I, étant alors ouvert, l'eau, au moyen du vide operé, monte du réservoir par le tuyau G et vient en E. On ferme le robinet I, on rétablit la communication entre la chaudière et le vase F, et on ouvre le robinet K; alors la vapeur vient presser sur le fluide qui est en E; et ce fluide ne pouvant redescendre en G, monte par le tuyau L. Le tuyau N sert pour établir, quand il en est besoin, la communication entre l'air extérieur, et l'intérieur de la chaudière.

215. La pression immédiate de la vapeur sur l'eau à élever, produit plusieurs inconvéniens auxquels on a essayé de remédier en établissant un flotteur entre la vapeur et l'eau; le flotteur, en montant, fait lever une soupape qui ferme la communication entre la chaudière et le vase; cette sonpape se referme lorsque le flotteur descend : on substitue des soupapes à la place des robinets qui s'ouvrent et se ferment par la pression de l'eau, en sorte que la machine va d'elle-même, en entretenant seulement le feu. On exécuta une machine de cette sorte au jardin de Mouceaux.

(*a*) *Bradley new improvements of* Planting *and* Gardening — de Prony, *Nouvelle architecture hydraulique* tome 1.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de* Nancarrow. Pl. IX, fig 14.

216. (*a*) M. *Nancarrow*, américain, est l'inventeur de cette machine à vapeur qui possède plusieurs avantages notables. Elle coûte moins à établir que la plupart des autres machines à vapeur. Elle fournit de l'eau à la chaudière, presqu'au point de l'ébullition. Sa forme en est simple; les matières dont elle est construite sont peu dispendieuses: les résistances passives sont bien moindres que dans les autres machines; il n'y a d'autres frottemens que celui des robinets, qui est de peu de conséquence.

A, récipient de bois ou de fer. — B B, tuyau de bois ou de fonte servant à conduire de l'eau dans le récipient, et de là au réservoir. — C, réservoir. — D, roue à godets, mise en mouvement par l'eau élevée dans le réservoir. — E, chaudière de fer ou de cuivre. — F, réservoir d'eau chaude destinée à nourrir la chaudière. — G G, deux réservoirs au-dessus du niveau de l'eau courante, renfermant des petites buses et le condenseur de la machine. — H H, surface de l'eau courante qui entretient la machine. — *a a*, tuyau conduisant la vapeur de la chaudière au récipient. — *b*, tuyau qui nourrit la chaudière d'eau chaude. — *c c*, appareil pour la condensation de la vapeur. — *d d*, tuyau conduisant l'eau chaude de l'appareil de condensation au réservoir F — *m m*, soupapes pour l'admission et l'exclusion de l'eau. — *ff*, tube d'injection avec son robinet. — *h*, condenseur. Les robinets s'ouvrent et se ferment par des procédés analogues à ceux qu'on emploie à cet usage dans d'autres machines. Avant de mettre la roue en mouvement, il est indispensable de remplir le récipient, le réservoir et tous les tuyaux. Dès que la vapeur a acquis assez de force, la soupape *i* s'ouvre,

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 7.

et la vapeur passe de la chaudière E dans le récipient A, l'eau descend par son effort dans les tuyaux A B, et s'élève, en ouvrant la soupape K, dans le second tuyau B, et par là remplit le réservoir C. Cette opération terminée et la soupape étant fermée, celle qui se trouve en haut du tuyau *g* s'ouvre sur-le-champ, et la vapeur descendant par ce même tuyau, rencontre dans son passage un jet d'eau froide fourni par le tuyau d'injection *f f g* qui la condense; le vide formé par cette condensation fait remonter l'eau de nouveau à travers les soupapes *m m*, par l'effet de la pression atmosphérique, et aussitôt le grand tuyau B se remplit : ensuite la soupape à vapeur *i* s'ouvre de nouveau, et le travail de la machine continue aussi long-temps qu'on le désire.

217. L'eau qui se trouve dans le tuyau supérieur près le récipient, acquiert un grand degré de chaleur, étant presque toujours en contact avec la vapeur, ce qui la porte presque à la température de l'eau bouillante; le récipient conserve une température uniforme. Un très-petit courant d'eau suffit pour alimenter cette machine, même dans le cas où l'on n'a pas de chute d'eau, puisque toute celle qu'élève la pompe, retombe dans le réservoir H H.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Récepteurs thermiques sans piston*, Planche XI, fig. 5 et 6 (*a*).

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *A simple effet.*

218. M. *Moult* a imaginé le moyen suivant d'employer de l'eau ou quelque autre fluide pesant en remplacement des cylindres et des pistons. Les autres parties de sa machine, telles que

(*a*) *Repertory of arts*, mars 1818. — *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14e. année.

balanciers, bièles, volant, pompe à air, condenseur, etc., sont semblables à celles en usage dans les machines ordinaires.

219. Un récipient d'une capacité égale ou plus grande que le cylindre ordinaire, est fixé à l'une des extrémités du balancier ou à toute autre partie mobile de la machine; il est ouvert par le fond, et plongé dans une bâche placée immédiatement au-dessous, et remplie d'eau ou de quelque autre fluide. Le tuyau à vapeur passe à travers la bâche et s'élève dans l'intérieur du récipient, au-dessus du niveau du liquide; il est muni d'une soupape, dont l'ouverture ou la clôture, déterminée par une tringle communiquant au moteur, permet ou interdit alternativement le passage de la vapeur dans le récipient. Un autre tuyau placé au sommet du récipient, aboutit au condenseur, et sert à y conduire la vapeur; il est muni d'une soupape de sortie, au moyen de laquelle on peut interrompre à volonté la communication du condenseur. L'extrémité opposée du balancier doit être chargée d'un poids suffisant pour élever le récipient lorsque le vide y est fait. Voici quel est l'effet de la machine.

220. Aussitôt que la vapeur commence à pénétrer dans le tuyau, on ouvre la soupape *g*, afin qu'elle puisse passer dans l'intérieur du récipient; alors celui-ci s'élève; et, lorsqu'il est parvenu à son plus haut point d'élévation, et par conséquent rempli de vapeur, on ferme la soupape *g*, et on ouvre immédiatement celle de sortie *h*, qui conduit au condenseur. L'injection qui se fait dans cette dernière partie de la machine atténue la vapeur du récipient et y forme le vide. Alors le liquide pesant qui remplit la bâche, pressé par l'atmosphère, s'élancera dans le récipient à une hauteur proportionnée à sa pesanteur spécifique. De cette manière, le récipient se trouvera retenir une colonne de fluide d'une hauteur telle, que son poids le fera descendre avec une force proportionnée à sa pesanteur et à sa surface.

La hauteur du récipient devra excéder celle de la colonne d'eau d'une quantité équivalente à la longueur du coup ou de l'impulsion qu'on doit donner à la machine; en sorte que, lorsqu'il aura atteint le *maximum* d'abaissement, le fluide remplira toute sa capacité.

221. On doit fermer la soupape *h* et ouvrir en même temps celle *g*, qui permettra qu'une nouvelle quantité de vapeur passe dans le récipient, et cause de nouveau son élévation, aidée par le contre-poids placé à l'autre extrémité du balancier; et c'est ainsi que le mouvement continue par l'abaissement et l'élévation alternative du récipient.

222. Pour simplifier la machine, on peut omettre la pompe à air et le condenseur. Dans ce cas on adapte un tuyau d'injection qui conduit l'eau froide d'un réservoir supérieur dans le récipient, lorsque la soupape est ouverte, laquelle eau condense la vapeur, ce qui produira le vide et les mêmes effets ci-dessus décrits. Mais pour cela, il faudra pourvoir aux moyens de se débarrasser de l'eau d'injection, ce qui sera facile lorsque le fluide employé est de l'eau, puisqu'elle pourra se mêler avec celle contenue dans la bâche; mais, quand on se sert d'un autre fluide, il faut adapter un tuyau de décharge pareil à celui des machines ordinaires, qui descendra dans quelque réservoir inférieur, de manière que le fluide s'échappera aussitôt que la vapeur entre dans le récipient; pour prévenir le retour de l'eau lorsque le vide est formé, le bout du tuyau de décharge est muni d'une soupape de retour ouvrant en dehors. Une pareille soupape est placée au sommet du récipient pour évacuer l'air qu'il contient, quand la vapeur y est admise; la pression atmosphérique sur cette soupape empêchera l'air extérieur de rentrer dès que le vide est formé. La condensation pourrait aussi s'opérer sans injection, en faisant tomber un courant d'eau froide sur l'extérieur

du récipient; mais ce moyen ne peut être employé que dans les petites machines dites *à simple effet*. Dans celles à double effet, on fixe un récipient à chaque extrémité du balancier, et on omet le contre-poids comme nous le dirons ci-après.

223. Pour diminuer la quantité de fluide dans lequel le récipient est plongé, on peut placer au fond de la bâche un corps solide capable de remplir la capacité intérieure du récipient; dans ce cas, l'eau n'occupera que l'espace compris entre le récipient et la bâche.

224. Les liquides que l'auteur emploie sont l'eau, les huiles, les dissolutions salines, le mercure ou tout autre mélange qui est fluide à la température de l'eau bouillante. Il faut toujours avoir soin de proportionner la longueur du récipient à la pesanteur spécifique du liquide employé, et à la pression que l'atmosphère exerce sur le sommet de ce récipient.

A, balancier en fer portant à l'une de ses extrémités un contre-poids C, et à l'autre un récipient en forme de cloche B, qui est suspendu par une tige D mobile à charnière, sur le balancier, et conservant toujours sa position verticale, quel que soit son degré d'élévation ou d'abaissement. Pour rendre cette position constante, un bras de levier E, parallèle au balancier, forme avec celui-ci et la tige D un parallélogramme dont deux côtés opposés sont toujours verticaux. F, est une bâche carrée remplie de mercure ou de tout autre fluide pesant, jusqu'au niveau marqué *a b*, dans lequel est plongé le récipient B. La différence des deux niveaux est indiquée par les lettres *c d*. Le fond de la bâche est percé d'un trou, à travers lequel passe le tuyau à vapeur G qui aboutit à la chaudière; l'extrémité de ce tuyau s'élève au-dessus du niveau du fluide dans le récipient; il est muni d'une soupape *g* qui s'ouvre et se ferme alternativement par l'effet du mouvement d'une tringle verticale *i*, qui est mue par le levier E

et qui fait agir deux bascules *k l* dont la dernière *l*, placée dans l'intérieur du récipient, porte à l'une de ses extrémités la soupape *g*.

Un autre tuyau H, fixé au sommet du récipient, conduit la vapeur au condenseur; il doit être flexible pour suivre le mouvement d'élévation ou d'abaissement du récipient, et être également muni d'une soupape *h*.

DEUXIÈME VARIÉTÉ — *A deux récipiens* Pl. XI, fig. 7 et 8.

225. On place aux extrémités opposées du balancier, deux récipiens ayant une communication entre eux. On en remplit un d'eau ou de quelque autre fluide pesant. La vapeur, en entrant dans le récipient plein d'eau qui se trouve le plus bas, force le liquide qui y est contenu à remonter dans le récipient vide ou supérieur dont le poids fera alors baisser le balancier.

L'un de ces deux récipiens R communique alternativement avec la vapeur et le condenseur par le moyen de deux tuyaux M et L, tandis que l'autre récipient T, ouvert au sommet, communique avec l'air extérieur.

Le coude du tuyau à vapeur peut être fait de manière à se fermer et à s'ouvrir comme un robinet, lorsque le balancier vibre sur son centre; il est disposé pour donner passage à la vapeur lorsque l'extrémité du balancier qui porte le récipient à vapeur est au-dessous de la position horizontale; dans l'autre position au contraire, le passage sera fermé, et celui du condenseur sera ouvert.

226. Pour expliquer l'action de cette machine, supposons le récipient à vapeur dans la position la plus basse et rempli de fluide, la machine étant en repos. La vapeur, en y entrant, déplace le fluide et le force de passer par le tuyau de communication dans l'autre récipient qui est alors le plus élevé. Le poids

du fluide, étant ainsi transporté à l'autre extrémité du balancier, le forcera à s'abaisser. Lorsqu'il reprend la position horizontale, le passage de la vapeur est interrompu, et le mouvement continue jusqu'à ce que le récipient à vapeur redevienne le point le plus élevé, et le récipient ouvert le point le plus bas. Un courant d'eau froide, venant à tomber sur le récipient R, condense la vapeur qu'il contient et produit le vide. Aussitôt, la pression atmosphérique sur la surface du fluide, dans le récipient ouvert, le forcera de remonter par le tuyau de communication L dans le récipient à vapeur qui, étant alors à la partie la plus élevée du balancier, s'abaissera par son poids. L'axe creux du balancier permet de nouveau l'admission de la vapeur dans le récipient R, dont le fluide est forcé de retourner dans le récipient ouvert, et ainsi réciproquement.

GENRE DEUXIÈME. — Récepteurs thermiques avec piston.

227. Ce genre contient cinq espèces, 1. à pression atmosphérique; 2°. à simple effet; 3°. à double effet; 4°. à forte pression; 5°. à forte pression et à double effet.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Récepteurs thermiques avec piston à pression atmosphérique.*

Machine de Newcomen. Pl. VII, fig. 3.

228. Le feu étant allumé en F sous la chaudière A, et le clapet ou soupape *b d* étant ouvert, la vapeur entre par le tuyau *a* dans la partie inférieure B du cylindre B B' ouvert à sa partie supérieure; cette vapeur fait monter le piston X, qui tient au balancier P Q par la tige de métal X K, et la chaîne tangente K K; l'axe ou centre de rotation du balancier étant en C, à mesure que le piston X monte, l'équipage Z' Z *y* attaché à l'autre extrémité du balancier descend; lorsque X est parvenu au point le plus haut de sa course, l'ouverture *b d* se ferme, et

la communication entre la vapeur renfermée dans le cylindre B et celle renfermée dans la chaudière A, se trouve ainsi interceptée. Alors le robinet *r* s'ouvre et laisse passer par le tuyau *j r t* de l'eau froide dans l'espace B rempli de vapeur. Cette vapeur se condense, le vide se fait en B, et l'atmosphère, pressant sur la partie supérieure du piston, le fait redescendre ainsi que tout l'équipage X K K, et fait remonter tout l'équipage *y* Z Z': lorsque X est parvenu au point le plus bas de sa course, le robinet *r* se ferme, l'issue *b d* s'ouvre de nouveau, la vapeur s'introduit en B, fait remonter le piston X, redescendre le piston *y*; et ainsi de suite : le piston *y* peut donc, par ses mouvemens alternatifs, ainsi produits et correspondans à ceux que la vapeur et le poids de l'atmosphère donnent successivement au piston X, être employé à pomper l'eau, ou à mouvoir une autre machine quelconque.

229. On voit que dans cette machine la vapeur ne peut se condenser au degré nécessaire pour produire un vide approché, à moins que le cylindre et l'eau qu'il contient ne puissent être refroidis jusqu'à une température au-dessous de trente degrés, et que, par une température plus élevée, l'eau doit produire dans le cylindre une certaine quantité de vapeur qui diminue par sa résistance l'effet de la pression atmosphérique. D'autre part, si l'on veut essayer à produire un vide plus parfait, il faut augmenter dans une grande proportion les quantités relatives de l'eau d'injection, ce qui augmente d'autant la dépense de vapeur pour remplir le cylindre.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Récepteurs thermiques avec piston à simple effet.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Machine de Watt, à simple effet.* Pl. VII, fig. 4.

230. Cette machine a été imaginée par le célèbre *Watt*, vers l'année 1770. Si l'on suppose le vide fait dans la partie in-

férieure B' du cylindre B B', la vapeur qui se forme dans la chaudière A s'introduit par le tuyau *b* dans la partie supérieure B du cylindre bien fermé par une plaque de métal O O' qui n'a d'autre ouverture que le trou circulaire O'', très-exactement rempli par la tige X X du piston : la vapeur, avant d'entrer en B, traverse un espace fermé par deux soupapes, la soupape supérieure étant ouverte et l'inférieure étant fermée. Dans cet état, l'effet de la vapeur doit être de faire baisser le piston X et de faire élever, au moyen du balancier P C Q, tous les équipages K_1 X^1, K^2 X^2, Z Y. Ce dernier produit l'effet utile de la machine : lorsque le piston X est descendu au point le plus bas de sa course, la soupape supérieure se ferme et la soupape inférieure s'ouvre; alors la vapeur contenue dans la partie supérieure B a un libre passage par le canal vertical V, et par le canal horizontal V' qui aboutit à la partie inférieure B' du cylindre, dans laquelle cette vapeur vient s'introduire. Le piston X se trouve donc alors également pressé par la vapeur dans ses parties supérieures et inférieures, et cette vapeur n'influe plus sur son mouvement. Dans ce cas, l'excès de pesanteur des équipages qui sont du côté Q du balancier, à laquelle pesanteur s'ajoute celle du contre-poids *p*, fait remonter le piston X et redescendre tous les équipages qui sont du côté Q du balancier : à mesure que le piston X remonte, il chasse la vapeur contenue dans la partie supérieure B du cylindre; mais ce fluide reflue par les canaux V et V', et vient se loger dans la partie inférieure B' où le vide commence à s'effectuer.

231. Il faut observer que le canal vertical V descend jusqu'en V^2, et que le tuyau *j j'*, ouvert en *j'* et fermé en *j* par une soupape, a une partie de sa longueur dans le canal V V_2, et l'autre partie dans un réservoir E toujours plein d'eau : ce réservoir ne peut avoir de communication avec le canal V V^2

que par le moyen du tuyau $j\,j^1$, et dans le cas où la soupape j est ouverte. Maintenant lorsque le piston X est parvenu, comme on a vu, au point le plus haut de sa course, la soupape j s'ouvre, l'eau jaillit par l'orifice j^1, et la vapeur contenue dans l'espace B^1 se condense; les soupapes T et m sont fermées.

La vapeur étant ainsi condensée, les soupapes T^1 et j se ferment, et la soupape T s'ouvre; alors la vapeur agit dans l'espace B sur la partie supérieure du piston X, et les choses reviennent au même état où elles étaient au commencement de cette description.

232. Lorsque la condensation s'est faite dans l'espace B^1 l'eau d'injection qui a jailli par l'orifice j^1, est restée dans le canal $V^2\,V^3$; cette eau s'est échauffée par son mélange avec la vapeur, et se trouve ordinairement à une température de 30 à 45 degrés; de plus, il y a une certaine quantité d'air dégagée de cette eau qui se trouve à la même température, et déploie un ressort relatif à sa chaleur et à l'espace dans lequel il peut s'étendre. Il s'agit donc d'ôter l'eau et l'air que l'injection a introduits dans le canal $V^2\,V^3$; c'est à cet usage que sont destinées les pompes K et L. On conçoit aisément que dans l'espace $B^1\,V^2\,m\,V^3$, la vapeur due à une température d'environ 40 degrés occupe la partie supérieure, l'air est au-dessous, et l'eau d'injection occupe la partie inférieure; lorsque le piston X descend, le piston K monte et tend à faire le vide au-dessous de lui; mais la vapeur contenue en B^1, tant par la force expansive, qui est toujours équivalente à une colonne de mercure d'environ 4 pouces, que par la compression du piston X qui, en descendant, diminue l'espace B^1, cette vapeur agit sur l'eau et l'air inférieur, ainsi que sur la soupape m; cette soupape, lors de l'ascension du piston K, n'est comprimée dans le sens $V^3\,m$ que par une colonne d'eau dont la surface supérieure est au

niveau du point le plus bas de la descente du piston K, et qui n'équivaut qu'à une colonne de mercure de quelques lignes de hauteur, le piston K soutenant toute l'eau supérieure. La soupape *m* doit donc s'ouvrir, et l'air et l'eau introduits du côté de V^2 par la précédente injection, doivent passer du côté V^3. Le piston K, par son ascension, fait passer l'eau des injections antérieures au-dessus de la soupape *f*; de là elle est conduite par le piston L en K^2, où elle peut rentrer dans la chaudière par le tuyau *g g*.

233. On a des moyens pour diminuer à volonté l'ouverture de la soupape *j*, et modérer par là la rapidité de la condensation de la vapeur. Elle n'exige ainsi que la machine précédente pour son mouvement, que l'entretien du feu qui est sous la chaudière, tout le reste s'opérant par le mécanisme même de la machine.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de* Salder. Pl. IX, fig. 6 (*a*).

234. R S T V, châssis de charpente. — A, grand cylindre; la tige du piston est maintenue dans une position verticale par la poulie I, qui roule dans une coulisse de fonte. L'élévation et l'abaissement de cette poulie fait mouvoir le levier N O qui fait tourner le volant P Q. B est un second cylindre ouvert en haut; la tige de son piston est munie d'une poulie de frottement K semblable à celle de l'autre cylindre. Les deux pistons, étant combinés avec le même levier L M, donnent leurs coups simultanément. — D est une soupape placée dans le piston A, qui s'ouvre par l'effet de sa petite tige frappant (quand le piston descend) contre le fond du cylindre : elle reste ouverte pendant l'ascension du piston; et, quand le mentonnet, au-dessus de la soupape, est pressé contre le haut du cylindre, elle se ferme.

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome I.

235. Supposons les pistons près du haut de leurs cylindres respectifs, et la soupape D ouverte: si la soupape C de la chaudière s'ouvre, la vapeur passera à travers le cylindre A, et elle entrera dans B par le conduit E chassant l'air devant elle par la soupape G. Si alors la soupape D est fermée par l'élévation du piston, et qu'on injecte de l'eau froide par F dans B, la vapeur dans ce cylindre sera condensée aussi-bien que celle qui se trouvera au-dessous du piston du cylindre A, et les deux pistons descendront; celui en A, par l'élasticité de la vapeur, et celui en B, par la pression atmosphérique. A la fin de cette descente, la soupape D se rouvrira, et le piston du grand cylindre sera libre de s'élever de nouveau par l'action de la vapeur qui presse également de chaque côté, d'autant mieux que, la soupape C' étant fermée, la communication avec la chaudière sera interceptée. La vapeur qui occupait l'espace au-dessus du piston dans A se répandra par E, et aidera le piston dans B à se lever; le fluide agira au-dessous de ce piston avec une force peu éloignée de celle qu'il vient d'exercer en A. Le piston du cylindre B étant descendu au point de toucher la surface de l'eau injectée, le fluide élastique qui repose sur elle, oblige non-seulement l'air, mais encore une portion de l'eau chaude à traverser la soupape C; le piston élève cette eau avec lui, et elle est reçue dans un conduit à mesure qu'elle déborde le cylindre pour être employée à fournir le réservoir de la chaudière. La vapeur qui suit le coup, montant du cylindre B (qui produit alors l'effet d'une pompe aspirante), chasse devant elle tout le fluide élastique qui se trouve dans le passage E au-delà du clapet de ce même conduit où il reste dans le cylindre B jusqu'à ce que le coup suivant l'ait débarrassé. La quantité d'eau qui s'élèvera au-dessus de ce piston par la soupape C, peut être réglée par la hauteur de la surface extérieure du réservoir où le tuyau se décharge.

L'excédant de force qu'aura acquis la vapeur au-dessous du second cylindre, sur celle qui est nécessaire pour vaincre son poids et celui de l'eau qu'il enlève, sera un accroissement de puissance à cette machine; et cette augmentation continuera progressivement à mesure que le piston montera, et que la quantité d'eau qui pesait sur lui diminuera en s'écoulant au réservoir de la chaudière.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine à vapeur de* Cartwrigth. Pl. IX, fig. 1 (*a*).

236. A, cylindre à vapeur communiquant avec la chaudière par le tuyau *a*; — B le piston; I, le tuyau qui conduit la vapeur dans le condenseur, ou double cylindre *c*, où elle se condense, et de là passe par *b* dans la pompe D. Le piston de cette pompe, en descendant, presse l'eau condensée sur la soupape *c*, et la ferme; par ce moyen, l'eau est forcée de remonter par *d* dans le réservoir d'air E. Le peu d'air ou fluide élastique qui aurait été forcé avec l'eau dans E, s'élève au haut de la boîte, et, agissant par son élasticité sur la surface de l'eau, ferme la soupape du tuyau *h*, et force l'eau de retourner de nouveau à la chaudière. Quand il se trouve une assez grande quantité d'air pour faire submerger le ballon *g*, la soupape *e* s'ouvre, et en laisse échapper une partie. — F, soupape à vapeur, qui s'ouvre par le moyen du piston B, lequel repousse la tige au-dessous de F, en même temps que la soupape G se ferme par la pression de sa tige contre le haut du cylindre. Quand le piston B descend par l'effort de la vapeur introduite dans le tuyau *a* à travers la soupape F, et que ce piston est arrivé au point de toucher le fond du cylindre, la soupape G est onverte par sa tige inférieure, qui frappe contre le fond; au même instant le ressort *i* ferme la soupape à vapeur F. — M, grand réservoir à eau pour con-

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 1.

denser la vapeur dans le double cylindre C. La vapeur passe entre les deux cylindres de fonte dont il est formé, et un courant d'eau froide baigne celui de dehors, et traverse celui de dedans; par ce moyen, on expose un très-petit volume de vapeur à la plus grande surface possible exposée à l'action de l'eau froide. — N, *steam-box*, boîte pour prévenir la sortie de la vapeur par la tige du piston, en plaçant plusieurs rangs ou segmens de cercle ou des anneaux plats de cuivre correspondans au diamètre de la tige, et pressés contre elle par des ressorts; chaque rang supérieur est placé de manière à briser les joints de l'inférieur. Celui du milieu est double; le reste de la boîte est rempli d'huile. Le frottement est moindre d'après cette méthode que d'après la manière ordinaire.

237. Pour éviter le frottement du piston qui est très-considérable dans les machines à vapeurs ordinaires, *Cartwrigth* imagina de les faire entièrement de métal. La base du piston est tant soit peu de moindre calibre que le cylindre; sa surface est bien polie; on pose sur cette base plusieurs segmens d'un cercle en cuivre, parfaitement ajustés au diamètre du cylindre; ces segmens sont poussés en dehors par plusieurs ressorts, et les joints brisés sont couverts par un autre rang de segmens semblables au précédent: le tout est recouvert d'un anneau du même diamètre que la base à laquelle il est vissé, de manière, cependant, à ce que les segmens puissent glisser librement entre l'anneau et la base, et presser contre les parois du cylindre.

TROISIÈME ESPÈCE.—*Récepteurs thermiques à double effet.* Planche VIII, fig. 1 et 2. *Plan et coupe verticale.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Machine de* Watt.

238. *a*, cylindre à vapeur; — *b*, piston mu par la vapeur. Il

s'élève lorsque la vapeur arrive par la partie inférieur *i*; et il s'abaisse lorsqu'elle arrive par la partie supérieure *k*. Lorsque la vapeur arrive par la partie inférieure *i*, pour comprimer le piston, et le soulever, la vapeur qui se trouve dans la partie supérieure se porte, par un conduit particulier, dans le condenseur où elle est condensée par l'injection de l'eau froide, et forme un vide qui facilite le mouvement ascensionel du piston. Lorsque la vapeur arrive par la partie supérieure *k*, celle qui remplit l'espace inférieur sort par l'ouverture *i*, pour se porter dans le réfrigerant et former un vide qui facilite le mouvement descendant du piston. — *c*, chaudière dans laquelle est l'eau bouillante qui produit la vapeur pour se porter de là, par le canal *n*, dans le grand cylindre. — *d*, réservoir rempli d'eau fraîche qui fournit celle qui est nécessaire au réfrigérant. Cette eau y est apportée par une pompe *p*, que fait mouvoir le grand balancier de la machine, en même temps qu'une autre pompe *g* enlève l'eau du réfrigérant échauffée par la vapeur qu'elle a condensée; une partie de cette eau rentre dans la chaudière pour fournir à la consommation; l'autre qui est superflue est rejetée en dehors. — *e*, condenseur, petit cylindre dans lequel est un tube recourbé qui communique au réservoir *d*, et qui y lance des jets d'eau qui servent à condenser la vapeur. — *f*, tige communiquant à un levier *m*, qui fait mouvoir le mécanisme *l* qui ouvre et ferme les soupapes d'entrée et de sortie de la vapeur. — *g*, tige du piston. — *h h*, grand balancier mu également par la tige *g* du piston et dont l'extrémité *h'* est appliquée aux machines qu'il doit faire mouvoir. — *h' v*, tringle qui fait communiquer le mouvement du balancier au volant H. — *i*, ouverture inférieure du grand cylindre à vapeur. — *k*, ouverture supérieure. — *l*, mécanisme appliqué au jeu des soupapes. — *m*, levier oscillant mu par la tige *g* du piston. — *n*, conduit pour faire parvenir la vapeur de

la chaudière au grand cylindre. — *p*, pompe qui aspire l'eau fraîche nécessaire au réfrigerant. — *g*, pompe qui aspire l'eau chauffée par la vapeur. — H, volant mis en mouvement par la tringle *h' v*, et par les roues dentées *r s*. On a donné à cet engrenage, imaginé par *Watt*, le nom de *mouche*. — *r*, roue d'engrenage fixée sur *h' v*, qui communique un mouvement de rotation à la roue d'engrenage *s* sur laquelle elle roule. — *s* roue d'engrenage fixée sur l'axe du volant, et qui lui communique son mouvement de rotation.

239. Les machines à double effet comparées à celles désignées sous le nom de *machines à simple effet*, présentent les avantages suivans (*a*).

1°. La condensation n'ayant lieu que par intervalle dans les machines simples, il faut dans ces espèces de machines, faire les chaudières assez grandes pour qu'elles puissent accumuler, dans leur partie supérieure, une quantité de vapeur, telle que la machine simple puisse faire en un temps ce que la machine à double effet fait en deux. Au contraire, la condensation s'opérant sans cesse, et la vapeur sortant continuellement de la chaudière, dans les machines à double effet, leurs chaudières n'ont pas besoin d'avoir une aussi grande capacité, ce qui en rend la construction plus simple et plus économique.

2°. La chaudière des machines simples doit être beaucoup plus épaisse que celle des machines à double effet, afin de pouvoir supporter l'excédant de pression qu'exerce la vapeur pendant le temps où la chaudière ne fait aucune dépense. On observe, dans une machine à simple effet lorsqu'elle est en mouvement, qu'à des intervalles périodiques, la vapeur, sort avec effort par les joints de la chaudière, et même par la

(*a*) *Nouvelle architecture hydraulique* de Prony, tome 2.

soupape de sûreté. Ces intervalles correspondent aux temps où la chaudière ne fait aucune dépense.

Cet inconvénient n'a pas lieu dans les machines à double effet, parce que la chaudière faisant une dépense continue et uniforme, ses parois sont toujours également pressés, et la pression est moindre que dans celles des machines à simple effet.

3°. L'expérience a prouvé que la surface de l'eau se réduit d'autant plus facilement en vapeur, qu'elle se trouve moins comprimée; la quantité de feu étant d'ailleurs la même, il suit de là qu'à égale dépense de vapeur dans un temps donné, la machine à double effet doit dépenser moins de combustible que la machine simple. Cette propriété résulte nécessairement de ce que dans la machine simple, à effets égaux, la pression moyenne est plus grande que dans la machine à double effet.

4°. Dans les machines à double effet, la vapeur exerçant une action continuelle dans le cylindre, il suffit qu'elle agisse sur une surface égale à la moitié de celle nécessaire pour produire le même effet dans la machine simple. Cet avantage procure une épargne, non-seulement sur la matière du cylindre, mais encore sur celle de toutes les pièces qui en dépendent.

5°. Pour produire le mouvement d'oscillation dans la machine simple, il faut placer un contrepoids à l'extrémité du balancier opposée à celle qui soutient le piston du cylindre à vapeur: l'effet de ce contrepoids doit être la moitié de celui de la vapeur qui agit dans le cylindre, et il sert à entretenir le mouvement de rotation du volant pendant l'ascension du piston du cylindre à vapeur: la machine à double effet dans laquelle la vapeur exerce, au moyen de la tige rigide du piston du cylindre, une action continuelle et uniforme sur le balancier, n'a par conséquent nul besoin de contrepoids. La machine à double effet a trois soupapes de plus que celle à effet simple; mais elle

jouit de l'avantage de diminuer les masses à mouvoir, dont on ne saurait trop réduire la quantité dans les machines à mouvemens alternatifs.

6°. Outre l'économie du combustible, celle des frais de la machine, la propriété importante de diminuer les masses qui doivent avoir un mouvement alternatif, la machine à double effet a encore l'avantage de l'uniformité du mouvement.

Dans les machines à simple effet à rotation, on peut faire monter le contrepoids avec la vitesse qu'on désire; mais, à la descente, ce poids abandonné à lui-même, communique tout son mouvement au volant, et peut lui donner une vitesse capable de briser la machine, ce qui est arrivé plusieurs fois.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Petite machine de* MM. Martin *et* Albert. Planche X, figures 3, 4 et 5.

Extrait du rapport de M. *Prony* à la Société d'encouragement.

240. La machine à feu, après avoir été, depuis environ un siècle et demi, l'objet d'un grand nombre de recherches et d'essais, sur lesquels se fondaient le plus souvent d'importantes spéculations de manufacture et de commerce, semble peu éloignée des limites de la perfection dont elle est susceptible. Les conditions à remplir pour atteindre ces limites, sont non-seulement d'assurer et de rendre facile le jeu de la machine, de lui donner une construction solide, mais encore d'obtenir son effet utile avec la moindre dépense possible de matière combustible, et d'augmenter ainsi, de plus en plus, l'avantage qu'elle a toujours eu sur les machines mues par les moteurs animés; car il est bien reconnu que la force motrice empruntée de la vapeur de l'eau produit un effet donné avec beaucoup plus d'économie que la quantité d'action fournie par les forces animales, même en

ayant égard aux capitaux consommés par les frais d'établissement primitifs.

241. L'air et l'eau sont aussi des moteurs moins chers que les moteurs animés; mais leur produit est local et limité, dépendant des variations de l'atmosphère et de l'influence des saisons; les crues d'eau, les sécheresses, les gelées, etc., interrompent leur action. La machine à feu, exempte de ces inconvéniens, peut être établie partout où l'on a le moyen de se procurer des matières combustibles. L'intensité et la durée de son action sont entièrement au pouvoir de l'homme.

C'est sans doute à des avantages aussi précieux qu'est dû l'usage général que les nations distinguées par leur industrie font de la machine à feu; mais il est à remarquer que l'utilité de cette belle invention a semblé jusqu'à présent exclusivement réservée aux grands établissemens, au cas où l'on a besoin d'une puissance considérable; et on n'avait pas encore, sur la possibilité de son emploi pour suppléer avantageusement à un petit nombre de moteurs animés, des données de fait suffisantes pour la solution d'une aussi importante question.

242. La société d'encouragement, qui marche vers le but de son institution avec un zèle aussi actif que soutenu, n'a pas vu sans peine cette lacune dans les ressources que le génie a créées pour l'industrie, et elle a voulu la remplir. Elle ne s'est point dissimulée que la condition essentielle de l'économie ne pouvait jamais être remplie aussi complétement par de petites que par de grandes machines; les causes de cette disproportion entre les dépenses et les effets utiles dues aux réductions considérables des dimensions, sont depuis long-temps connues des mécaniciens; mais la société a jugé que ce n'était pas moins un sujet très-intéressant de recherches, que celui qui a pour objet de savoir si, malgré l'excès de cherté relative des petites machines

à feu comparées aux grandes, elles pourraient cependant procurer une économie sur d'autres forces motrices qu'elles remplaceraient.

243. C'est d'après de pareils motifs que la société d'encouragement proposa, en l'année 1807, un prix de six mille francs, à accorder en 1809, à celui qui présenterait la meilleure machine à feu d'une force équivalente à celle qui est nécessaire pour élever en douze heures 1,000,000 de kilogrammes à un mètre de hauteur, avec la condition que la dépense totale, en opérant cet effet journalier pendant le temps assigné, n'excéderait pas, à Paris, la somme de 7 francs 50 centimes, les intérêts du capital et les frais de l'entretien compris.

La machine présentée par MM. *Albert* et *Martin* ayant complétement satisfait aux conditions du programme, la société d'encouragement a décerné à ces mécaniciens le prix de 6000 francs.

244. Cette machine représentée (Pl. X fig. 3, 4, 5), est établie dans les proportions convenables pour remplacer la force de dix hommes. Les dimensions intérieures du bâtis qui renferme tout le mécanisme n'excèdent que très-peu le diamètre du volant, ce qui rend le placement de la machine plus facile, et l'usage plus commode pour les ouvriers. La bâche est entièrement débarrassée de la pompe à air et du condenseur, ce qui est un très-grand avantage, surtout dans de petites machines où l'eau est promptement échauffée par la présence de ces deux parties essentielles du mécanisme; l'eau y étant toujours fraîche, l'injection a plus d'effet avec la même dépense, et les joints de la bâche sont plus faciles à réparer, puisqu'ils sont à découvert et apparens. Les coussinets de l'arbre du volant et ceux de l'arbre portant deux bras de leviers qui reçoivent et transmettent le mouvement, sont tous quatre recou-

verts et serrés par des écrous dentés en forme de crochets, et arc-boutés de manière que le mouvement de la machine ne peut les desserrer; une seule soupape à tiroir, extrêmement simple et ingénieuse, ouvre et ferme les passages par où la vapeur pénètre de la chaudière dans le cylindre, au-dessus et au-dessous du piston alternativement, et établit en même temps la communication entre le condenseur et les capacités du cylindre remplies de vapeur, en sorte que, par le seul mouvement d'allée et venue de cette soupape, on obtient le vide au-dessus du piston, à l'instant même que la vapeur arrive au-dessous en quantité proportionnée à l'effet qu'on veut produire, et réciproquement.

245. La fig. 3 (Pl. X,) représente l'élévation de la machine complète dans toutes ses parties, et dont on a retranché seulement l'un des côtés du bâtis pour mettre à découvert tout le mécanisme. A A A A, bâtis en bois de chêne, assemblé et boulonné, de manière qu'on peut le transporter plus facilement. — B, bâche d'eau froide. — C, bâche d'eau chaude provenant de la vapeur condensée. — D D, tuyau d'injection. — E, robinet d'injection dont la clef est surmontée d'une tige F F, terminée à la partie supérieure par un coude de manivelle, auquel est adaptée une tringle de fer fixée à charnière par l'autre de ses extrémités au bras d'un levier double tournant autour du pivot G; l'un des bras de ce levier est muni d'un manche, au moyen duquel on peut l'incliner à droite ou à gauche, à volonté, suivant les divisions d'un quart de cercle établi à cet effet près le pivot G; et par ce moyen on détermine la quantité d'eau nécessaire à l'injection. — H, manche du levier qui sert à faire aller et venir la soupape à tiroir renfermée dans sa boîte, et qui permet à la vapeur de pénétrer dans le cylindre alternativement au-dessus et au-dessous du piston, et à celle-ci de passer du cylindre au

condenseur. — I I, condenseur. — K, conduit servant à la sortie de l'eau contenue dans les cylindres, lorsqu'on y admet la vapeur pour mettre la machine en activité. — L, soupape d'évacuation et qui s'oppose à la rentrée de l'air. — M, soupape à coulisse, servant à augmenter ou à diminuer l'ouverture par laquelle la vapeur pénètre dans le condenseur. — N, modérateur qui reçoit un mouvement de rotation au moyen d'une corde sans fin qui embrasse la poulie P, fixée sur l'arbre du volant, ainsi que la poulie O, fixée sur un arbre particulier, portant une roue d'angle qui donne le mouvement au modérateur N. — Q, poulie de tension portée par un levier chargé d'un poids. On voit par cette disposition qu'au moment où le modérateur N augmente ou diminue de vitesse, les boulets s'écartent ou se rapprochent, font basculer le levier R qui fait descendre ou monter la soupape à coulisse M, ce qui diminue ou augmente le passage de la vapeur au condenseur, et règle par conséquent la vitesse de la machine. — S, pompe à air, ayant communication avec le condenseur; elle retire en même temps l'air et l'eau du condenseur, et les fait passer dans la bâche C. — T, petite pompe d'eau chaude servant à alimenter la chaudière. — U U, chappe composée de deux branches jumelles, entre lesquelles sont logées deux tringles rondes de fer, servant à maintenir dans leur écartement trois collets brisés et ajustés de manière qu'ils peuvent glisser entre les deux jumelles de la chappe dont les extrémités sont maintenues dans leur écartement par une clef à crossette, sous laquelle on introduit un coin qui sert à resserrer les collets lorsqu'ils ont pris du jeu. — V, bras de levier à moufle que la chappe U fait balancer lorsque le piston du cylindre à vapeur monte ou descend, et dont la longueur est proportionnée à celle du levier intermédiaire, de sorte que la tringle du piston parcourt une ligne

droite ; cette tringle fait jouer en même temps, au moyen d'un levier intermédiaire, 1°. la pompe T servant à alimenter la chaudière ; 2°. la pompe à air S, dont la tringle du piston porte les mentonnets *a a*, qui font aller et venir la soupape à coulisse ; 3°. le levier à moufle fixé sur le même arbre que V, qui imprime le mouvement au volant au moyen d'une bièle construite sur les mêmes principes que la chape U.

246. La fig. 4 (Pl. X) représente la coupe du cylindre à vapeur et de la boîte contenant la soupape à coulisse. — AA, intérieur du cylindre. — BB, conduit faisant corps avec le cylindre A A, par lequel passe la vapeur au-dessus du piston. — C, couvercle du cylindre rendu concave en T, pour donner passage à la vapeur, et muni de la boîte à calfatage que traverse la tige du piston, et d'une ouverture D servant à introduire, dans l'intérieur du cylindre, une clef à pignon O, au moyen de laquelle on fait tourner l'écrou N qui abaisse le plateau M, lequel comprime la garniture du piston L ; la virole P sert à maintenir la clef au centre de l'ouverture pendant l'opération. — Q, intervalle qui sépare le corps du piston de son couvercle. — E E, boîte dans laquelle arrive la vapeur, d'où elle passe alternativement au-dessus du piston par le canal B B indiqué ci-dessus, et au-dessous du piston par le canal S S pratiqué dans l'épaisseur de la pièce E E, qui sert de base au cylindre, ainsi qu'à la boîte à vapeur F F. — H, arbre qui sert à faire aller et venir la soupape à coulisse G au moyen d'une portion de roue dentée engrenant une cremaillère fixée sur la soupape. — K, ressort de pression qui maintient l'arbre H appliqué contre son collet de forme conique, à l'effet d'empêcher la vapeur de s'échapper par les joints. — U, tubulure à laquelle s'adapte le condenseur.

247. (Fig. 5, pl. X.) Plan et coupe de la machine à la hau-

teur de la soupape à tiroir. — A, cylindre à vapeur. — I, conduit par lequel la vapeur passe au-dessus du piston. — G G, base de la soupape à tiroir. — S T, ouvertures par lesquelles la vapeur passe au-dessus et au-dessous du piston. — U, passage qui conduit la vapeur au condenseur. — V V V V, plans inclinés servant à soulever la soupape lorsqu'il s'agit d'expulser l'air de la machine et de la mettre en train. — L, pompe à air. — Z, tringle du piston de la pompe à air. — *a*, l'un des bras ou mentonnets de fer fixés sur la tringle Z, et destinés à faire aller et venir la soupape à tiroir G G en même temps que la tringle du piston monte ou descend. — *b*, condenseur.

248. *Jeu de la machine.* La boîte F est constamment pleine de vapeur, et fait partie du tuyau de la chaudière. Dans la position actuelle de la soupape à tiroir, le passage T est ouvert à la vapeur, qui s'introduit dans la partie supérieure du cylindre par le canal B, et fait descendre le piston ; la vapeur contenue dans la partie inférieure passe sous le tiroir de S en U au condenseur ; et, lorsque le piston est prêt à terminer sa course descendante, le taquet *a*, fixé à la tringle du piston de la pompe à air, replace le tiroir dans la position opposée à la première ; alors l'ouverture S communique avec la boîte à vapeur, et l'ouverture T cesse de communiquer avec elle, tandis que le passage U est toujours ouvert à la vapeur que renferme le cylindre. Dans cette position de la soupape à tiroir, la vapeur pénètre sous le piston par le passage S, le fait monter, et la vapeur contenue entre le piston et le couvercle du cylindre, repasse par le tuyau B sous le tiroir, de T en U, au condenseur. Lorsque le piston a terminé sa course ascendante, un taquet semblable au taquet *a* replace le tiroir dans sa première position, et ainsi de suite.

249. On sait que, pour mettre une machine à vapeur en mou-

vement, il faut, autant que l'on peut, la purger de l'air contenu dans le cylindre, le tuyau à vapeur et le condenseur. Pour cet effet il faut laisser un libre passage à la vapeur, afin qu'elle prenne la place de l'air, après l'avoir expulsée par le tuyau soufflant placé sous le condenseur en L.

250. Lorsqu'il s'agit de purger la machine, il suffit d'appuyer sur le manche du levier H qui fait aller et venir le tiroir, pour le faire monter sur les quatre plans inclinés V V V V; alors le tiroir se trouve soulevé, et tous les conduits sont ouverts à la vapeur. Les dents des engrenages sont très-allongées et évidées depuis la racine jusque près du point de contact, afin que le tiroir puisse monter sans être gêné par la profondeur de la denture. Lorsque la machine est assez purgée, on redescend le tiroir pour faire monter et descendre le piston; et, suivant que les mentonnets *a*, portés par la tringle Z du piston de la pompe à air, sont plus ou moins écartés, la quantité de vapeur qui peut pénétrer en-dessus et en-dessous du piston est plus ou moins grande, et peut être réglée de manière à procurer le plus grand effet avec le moins de dépense possible.

Il est évident que par cette nouvelle construction: 1°. l'on évite quatre soupapes et un régulateur très-embarrassant; 2°. le piston peut être serré et graissé sans défaire le joint du couvercle du cylindre, opération longue et pénible, surtout dans les grandes machines.

251. Dans la construction des machines à double effet, il y a ordinairement, à la partie supérieure du cylindre, une tubulure qui communique avec la boîte à vapeur; alors le piston ne peut monter que jusqu'à la naissance de cette tubulure, ce qui laisse un vide qu'il faut remplir de vapeur avant qu'elle agisse sur le piston; et, ce dernier étant vide en-dessous, il faut aussi remplir cette capacité en pure perte; de plus les deux

boîtes dans lesquelles sont logées les soupapes, les tuyaux jumeaux, toutes ces capacités remplies de vapeur condensée à chaque impulsion, occasionent une perte de vapeur considérable, inconvénient qui n'existe plus dans la machine de MM. *Albert* et *Martin*. Le passage de la vapeur à la partie supérieure du piston est pris aux dépens de l'épaissenr du couvercle du cylindre; le piston qui est plein monte très-près de ce couvercle, et descend très-près du fond du cylindre.

252. Voici les dimensions des parties qui composent cette machine. Le diamètre du piston est de 0[mèt.] 21 (7 pouces 10 lignes); la course du piston 0[mèt.] 43 (16 pouces); la capacité de la chaudière 700 litres (20 pieds cubes); la quantité d'eau qu'elle contient est de 245 litres (17 pieds cubes); l'espace qu'occupe la vapeur est de 455 litres (13 pieds cubes); la surface de la chaudière exposée à l'action du feu est 2[mèt.] 75 (26 pieds carrés); la surface supérieure de l'eau dans la chaudière 1[mèt.] 27 (12 pieds carrés).

L'effet et la dépense du combustible, rapporté à la durée de 12 heures, donnent 913,776 kilogrammes élevés à un mètre de hauteur, en dépensant 144 kilogrammes de charbon de Valenciennes.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine à vapeur de M.* Clegg. Pl. IX, fig. 7 et 8 (*a*).

253. L'appareil adopté par M. *Clegg* est celui de la machine à vapeur à double effet; chaque boîte à vapeur contient donc deux soupapes faites comme celles dont on se sert ordinairement, c'est-à-dire, à clapet rond et presque plat; ce clapet porte une tige qui le dirige dans son mouvement ascensionnel. Des soupapes sont placées dans chaque boîte sur un même plan

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 25.

horizontal formé par un diaphragme de fonte; celles de la boîte supérieure sont renversées, et s'ouvrent en dessous de ce diaphragme, tandis que dans la boîte inférieure elles jouent en dessus; et, comme les deux boîtes à vapeur sont verticales l'une à l'autre et de même forme et dimensions, il en résulte que les soupapes qu'elles contiennent sont aussi verticales chacune à chacune. Dans cet état de choses, si l'on suppose les quatre soupapes liées entre elles par un moyen quelconque qui permette de les mettre en jeu, il est évident que l'impulsion donnée à l'une d'elles se communiquera aux trois autres, quelle que soit celle qui aura reçu l'impulsion. Pour obtenir cet effet, M. *Clegg* a trouvé un moyen aussi sûr qu'ingénieux, c'est celui du parallélogramme; deux balanciers dont l'axe ou point d'appui est au milieu de l'espace qui sépare les soupapes horizontales, et s'unissent à elles par leurs extrémités, soit en les traversant, soit en les saisissant, en forment les petits côtés; deux tringles ou tiges qui établissent la connexion entre les soupapes verticales forment les deux grands; dans l'arrangement de ce système, des quatres soupapes, deux sont alternativement ouvertes et les deux autres fermées. Celles qui correspondent avec le cylindre à vapeur reçoivent l'impulsion du piston à l'aide de leviers de troisième genre qui les traversent et pénètrent dans le cylindre, où le piston, en montant ou descendant, les élève ou abaisse, et change ainsi la disposition du parallélogramme; car, comme nous l'avons observé, il suffit, pour faire mouvoir toutes les soupapes à la fois, d'agir sur l'une d'elles seulement; ici, lorsque le piston arrive au point le plus élevé de sa course, il rencontre la queue du levier de la soupape renversée, qui communique avec la partie supérieure du cylindre et ferme cette soupape; celle-ci entraîne dans son mouvement les trois autres, et la vapeur qui se dirigeait sur le piston prend son cours vers la

partie inférieure, en même temps que celle qui avait pénétré dans le cylindre se précipite vers le condenseur. Lorsque le piston arrive vers le bas du cylindre, il pèse sur l'extrémité du levier de la soupape qui communique avec le condenseur, la ferme, et la vapeur prend une nouvelle direction.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de* Mandslay Pl. XI, fig. 1, 2, *et* 3.

254. Dans cette belle machine, dont on fait usage dans plusieurs ateliers de Londres, la transmission du mouvement du piston au volant se fait sans le secours des balanciers ou des parallélogrammes; la tige est seulement terminée à sa partie supérieure par une espèce de *té* dont les deux bouts portent les bièles *b*. Auprès des bièles et sur la traverse du *té* sont placés deux poulies *p*, qui se meuvent entre deux coulisses *c*, et dirigent ainsi le mouvement de la tige du piston; ces deux bièles font tourner un seul axe *a* qui porte un volant, duquel on peut prendre la force de la machine; quant au piston et au cylindre, ils ne diffèrent en rien de ceux des autres machines à vapeur.

255. Le condenseur est placé au milieu du récipient à eau froide, et renferme lui-même la pompe à air et à eau chaude; ainsi ces trois pièces sont formées de trois cylindres concentriques, comme on le voit dans la coupe, fig. 3; sur la route d'évacuation de l'eau de condensation, est disposé un petit réservoir à niveau constant, dans lequel est plongée la pompe destinée à alimenter la chaudière. Cette pompe, qui est alternativement aspirante et foulante, n'a rien de particulier dans sa construction; il en est de même de la pompe à eau froide, placée dans un réservoir cylindrique communiquant par un tuyau inférieur avec le récipient qui contient le condenseur.

256. Les pistons des trois pompes sont mus par le balancier en

forme de fléau, dont le mouvement est déterminé par un excentrique placé entre les deux branches d'une fourchette *f*; cet excentrique est placé au milieu des deux manivelles et occupe le centre de la machine. Le piston de la pompe à air est dirigé dans son mouvement par un parallélogramme ordinaire; l'autre angle du parallélogramme porte la tige du piston de la petite pompe qui alimente la chaudière; ces deux pompes sont placées à une des extrémités du balancier, et l'autre extrémité donne le mouvement à la pompe à eau froide.

257. Le régulateur de cette machine est un robinet représenté fig. 4 et 5. Le bouchon b' est un cône tronqué, dont les deux bases sont unies par trois bandes placées à leur circonférence; deux de ces bandes *d* sont simplement des prismes quadrangulaires, dont la face extérieure fait partie de la surface du cône tronqué; l'autre *e*, présente à la coupe la forme d'une espèce d'ancre. La plus grande base est évidée entre les branches de cette ancre; mais la petite base est entière. Le boisseau du robinet est percé de trois ouvertures *o o o'*, auxquelles sont adaptés des tuyaux *t t t'* : les deux premiers conduisent la vapeur au-dessus et au-dessous du piston, l'autre établit la communication avec le condenseur; enfin il y a un tuyau t^2 qui conduit la vapeur à l'extrémité à droite du robinet, et peut l'introduire entre les branches de l'ancre par une ouverture. D'après cette disposition, il est facile de voir que, si l'on fait tourner la clef de ce robinet, l'espace compris entre les deux bras de l'ancre communiquera alternativement avec chacun des tuyaux *t t*. Lorsque cette clef sera tournée de manière que la vapeur passe par le tuyau *t* supérieur, le tuyau *t* inférieur communiquera avec le tuyau *t'* qui conduit au condenseur; dans cette situation, la vapeur passera au-dessus du piston, et celle de la partie inférieure du cylindre sera condensée. Le

même effet aura lieu pour l'autre position du robinet, mais en sens inverse. Le mouvement du robinet est déterminé par celui de la pompe à air, et à l'aide d'une tringle fixée à l'extrémité du petit bras de levier placé à l'extrémité de l'axe dn robinet. Le cône tronqué est pressé par un ressort à boudin placé dans une petite boîte ronde. Ce régulateur, très-simple et très-ingénieux, est construit d'après le même principe que le tiroir à vapeur de M. *Martin*.

258. Si l'on examine cette machine, on verra qu'elle est extrêmement régulière, simple et occupant peu d'espace; elle est entièrement construite en fonte de fer, et ses principales parties sont assemblées par des vis qui n'en forment qu'un seul tout. Rien n'est plus facile que de la démonter et de la remonter, ce qui la rend susceptible d'être établie où l'on veut et pour le temps qu'on désire.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Machine à forte pression.*

259. M. *Richard Trevitthick* (*a*) a conçu l'idée de donner à la machine à vapeur une construction nouvelle. Il a supprimé l'espace dans lequel se fait le vide, ou la condensation des vapeurs par l'eau froide; il a donné à la vapeur qui agit contre les parois du récipient une très-forte élasticité équivalente à la pression de six à huit atmosphères. Cette vapeur, après avoir agi, trouve une libre issue, sort, se répand dans l'air; ainsi, l'effet de la machine est fondé sur l'excès de la force élastique de la vapeur sur la pression atmosphérique.

260. Comme ce procédé dispense de toute intervention de l'eau froide, et de tout appareil de condensation et de vide, et comme il permet d'employer avec une augmentation de force

---

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, *Mémoire de M.* Baader.

élastique un cylindre de plus petites dimensions, la machine gagne non en économie de combustible à proportion de l'effet, mais en simplicité, et elle gagne par la diminution de volume et de poids.

261. Le but principal de l'inventeur a été de rendre la machine à vapeur si simple et si légère qu'on pût la substituer aux chevaux pour faire marcher une voiture dans des routes ordinaires. Ce but ne fut pas atteint, et il paraît qu'il ne le sera jamais parce que le poids de la machine réduit autant qu'il est possible de le faire, comprendra toujours la chaudière, qui dans cette construction doit avoir un certain volume et une certaine épaisseur de fonte, et doit par conséquent être plus lourde qu'une chaudière ordinaire; il faudra encore la provision d'eau nécessaire pour entretenir l'action, le foyer, la cheminée, les tuyaux, le volant et tout le reste du mécanisme; tout cet ensemble est trop considérable pour la force donnée, c'est-à-dire, qu'il en absorbe une trop grande partie. La machine la moins lourde équivalente à la force de deux chevaux, pèserait dans cette construction au moins 2000 kilogrammes; de sorte qu'elle aurait besoin elle-même de deux chevaux pour être conduite seule, sans addition d'autre poids.

262. On avait donc été convaincu en Angleterre, d'après ces essais infructueux, qu'il était impossible de construire des véhicules à vapeur pour les routes ordinaires, et l'invention de M. *Trevitick* aurait été oubliée, si, depuis quelques années, on ne s'était attaché aux bateaux à vapeur et aux chars sur des routes à ornières de fer, où l'on a préféré les machines à forte pression, à cause de leur moindre volume, et de leur moindre poids. Comme, dans une de ces routes ferrées horizontales, un cheval peut traîner aussi facilement 80 à 100 quintaux que 10

ou 12, dans les routes et avec les chars ordinaires, ces machines peuvent, sur les routes ferrées, mettre en mouvement, outre leur propre poids, une charge considérable distribuée sur plusieurs véhicules assemblés de suite. On a depuis trois ans employé avec succès un grand nombre de ces machines, qu'on nomme *locomotive engines* ou *steam horses*, dans les grandes mines de houille des contrées d'Yorck et de Northumberland, surtout à Newcastle et Leeds; et leur usage serait devenu général, eu égard au bas prix de la houille et à la cherté des chevaux, si l'on n'avait été péniblement affecté des malheurs que ces machines ont occasionés et des dangers qu'elles présentent. Le 7 août 1815, la chaudière cylindrique de fonte la plus épaisse employée dans une machine de ce genre à Newbottle, dans le comté de Darham, a sauté au premier essai avec une terrible explosion qui a tué ou blessé environ 50 personnes. Sans doute la mécanique et la chaudière du bâtiment à vapeur qui a fait explosion le 5 juin 1816, sur la rivière d'Ohio en Amérique, étaient construites sur le même principe; car la déchirure d'une simple chaudière de cuivre ou de fer battu n'aurait pu produire des effets aussi désastreux. Depuis le malheureux événement de Newbottle, on a renoncé en Angleterre à plusieurs des chars à vapeur dont nous venons de parler, et on emploie actuellement de nouveau les chevaux sur la plus grande partie des routes ferrées. Il fut même question de défendre cette espèce particulière de machines à vapeur plus ou moins dangereuses, par un acte du Parlement.

Nous allons décrire un chariot à vapeur employé près de Leeds. Cette description fera connaître de quelle manière agissent les machines à forte pression.

Chariot à vapeur. Pl. X, fig. 1 et 2.

263. (*a*) La machine à vapeur qui fait mouvoir ce chariot est composée de deux corps de pompes plongés en partie dans une chaudière ovale et oblongue *b* en fonte de fer, formée de deux parties réunies au milieu de la longueur, et assemblées par des boulons *c c*. Dans la partie inférieure de la chaudière, passe un tuyau horizontal en fonte *d* qui sert de fourneau, et s'étend d'un bout à l'autre de cette chaudière; la grille *e* qui règne dans toute sa longueur, est composée de quatre tables placées à la suite l'une de l'autre; le cendrier *f* se trouve dans l'espace compris entre la grille et le fond du cylindre *d*. A l'extrémité du fourneau est adapté un tuyau coudé de fonte *g*, servant de cheminée; il s'élève de 9 pieds environ au-dessus du foyer. L'eau destinée à fournir la vapeur entoure le fourneau, et la vapeur se répand dans l'espace vide de la chaudière; celle-ci est percée de quatre *tubulures* ou orifices supérieurs, dont deux, situés à ses extrémités, portent deux soupapes de sûreté *h h*, et les deux autres *i* reçoivent les cylindres.

264. L'appareil est monté sur un chariot à quatre roues K, composé de deux fortes jumelles plus longues que la chaudière, et sur lesquelles il est fixé au moyen de quatre patins boulonnés *l l*. Le mouvement est imprimé au chariot par deux paires de manivelles *m m*, appartenant chacune à l'un des cylindres; elles font tourner deux roues *n n* de trente dents qui engrènent une roue de soixante dents *o*, dont l'axe porte à chacune de ses extrémités deux roues *p* à dents très-fortes, qui s'engagent dans une crémaillère établie sur toute la longueur du chemin. Ce sont ces dernières roues qui font avancer le chariot, ainsi que la charge qu'il traîne; les quatre autres roues *q q* qui soutiennent la

(*a*) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14[e]. année.

machine, ne sont point dentées, et roulent sur une bande de fonte. Toutes ces roues sont en fonte de fer, montées sur des axes qui roulent dans des collets fixés sur les jumelles du chariot.

265. Les cylindres et leurs pistons sont semblables à ceux des machines à vapeur connues; mais le régulateur est entièrement différent. Il se compose d'un robinet *s* dont on aperçoit la coupe, fig. 1, percé dans deux directions telles, que dans une de ses positions il donne accès à la vapeur de la chaudière dans le cylindre, et dans l'autre il permet à la vapeur qui a fait descendre le piston, de s'échapper par le tuyau vertical *t*. Ces deux positions sont indiquées, fig. 1. La première, pour le robinet du cylindre à gauche; la seconde, marquée par des lignes ponctuées, pour le robinet du cylindre à droite. Le passage des robinets d'une position à l'autre est déterminé par un mécanisme fort simple que nous allons décrire.

266. Les manivelles *u* fig. 1, qui transmettent le mouvement aux robinets, sont liées par une barre *v* qui règne dans toute la longueur de la machine; cette barre est fixée à deux leviers *x x* par des charnières qui la terminent. Ces mêmes leviers sont unis par leurs extrémités inférieures au moyen d'une tringle de fer *y*, divisée en deux parties qui se réunissent à un cadre Z, au milieu duquel passe l'axe de la roue *n*. Sur cet axe est fixé un bras de levier a' qui, en tournant, rencontre les deux battoirs ou arrêts b' b', et porte ainsi le cadre à droite et à gauche alternativement à chaque demi-tour. Ce cadre entraînant les leviers, ceux-ci changent de position en même temps, et les deux robinets sont portés à la fois aux positions contraires. C'est de cette manière que s'opère le mouvement alternatif des deux robinets, et que la vapeur exerce alternativement son action sur l'un et l'autre piston.

267. Le changement de situation des robinets ne devant avoir lieu que lorsque les pistons sont parvenus aux extrémités de leurs courses, il était utile de choisir une communication de mouvement qui remplît cette condition. Or, le levier a' ayant la même direction que la manivelle, commence à agir lorsque cette manivelle a pris la situation marquée par la ligne ponctuée c', et son action est complète lorsqu'elle est arrivée à la position d'. Dans le passage de l'une de ses positions à l'autre, le piston ne parcourt que le *sinus verse* de l'arc décrit par le bras de la manivelle, sinus verse dont la longueur est d'un pouce environ. Par ce moyen, la partie de la course du piston pendant laquelle le robinet change de situation, est très-courte et approche du point de perfection, qui serait que ce changement pût se faire instantanément lorsque la course du piston s'achève.

268. Au-dessous des robinets que nous venons de décrire, sont placés d'autres robinets simples s' qui s'ouvrent ou interceptent le passage de la vapeur dans le cylindre. Ces deux robinets portent, comme les premiers, des manivelles liées par une barre horizontale, et à l'aide d'un manche fixé au milieu de la longueur de cette barre, on ouvre ou ferme les deux robinets à la fois.

269. La tige du piston passe par une boîte à étoupe; son extrémité reçoit une traverse e' e' qui porte les deux bièles k' k', et communique ainsi le mouvement aux manivelles m m. La course de cette traverse est dirigée par deux montans f' f', qui passent par les deux ouvertures pratiquées dans les renflemens de la traverse e' e'. Les quatre montans sont unis à leurs extrémités supérieures par un cadre de fonte g', et leurs talons viennent s'appuyer sur les oreilles h', qui sont en saillie et forment prolongement des tubulures i.

270 Comme une partie de la vapeur qui s'échappe des cylindres

se condense en passant à travers le tuyau *t*, et que l'eau qui en résulte pourrait s'amasser dans le tuyau horizontal inférieur, on a ajusté au-dessous de ce tuyau un petit canal de décharge qui s'étend le long de la chaudière et va verser l'eau en dehors.

271. La bouche du fourneau est fermée par une porte à bascule, et le cendrier est toujours ouvert. Lorsqu'on veut ralentir l'évaporation, on ouvre la porte du fourneau qui, étant rabattue, ferme le cendrier et permet à l'air de passer sur le feu.

La vapeur agissant par son expansion, il fallait éviter les causes de condensation dans les cylindres; pour cet effet, on les a plongés, autant que possible, dans la chaudière, et on a garni la partie supérieure d'une enveloppe peu conductrice de la chaleur. On a aussi enveloppé la chaudière, d'un tonneau qui laisse un intervalle d'un pouce environ entre le bois et la chaudière.

272. La machine que nous venons de décrire, a été inventée en Angleterre, par M. *Blenkinsop*; elle est employée pour le transport du charbon de terre de Middleton près Leeds. Elle traîne à sa suite trente chariots chargés de 7 milliers de charbon environ, et elle leur fait parcourir une lieue ½ par heure. Ces chariots sont attachés par des chaînes à la suite les uns des autres, et à la machine. Ces liens flexibles ont été choisis pour que la machine soit peu chargée en commençant son mouvement, et se charge successivement. En effet, supposons que tous les chariots se touchent, il est facile de voir que, dans le premier instant, la machine n'a que sa propre masse à mettre en mouvement jusqu'à ce que la chaîne qui l'unit au premier chariot soit tendue; alors elle commence à entraîner ce chariot seul, jusqu'à ce que la chaîne qui le joint au chariot suivant soit tendue, et ainsi de suite. La charge n'est donc complète que lorque toutes les chaînes sont développées. Lorsque

les chariots sont vides, la machine les reconduit à la mine, et pour cela il faut qu'elle marche en sens contraire de son premier mouvement; mais comme sa masse est trop considérable pour qu'on puisse facilement la retourner, on a préféré lui faire pousser tous les chariots, et déterminer son mouvement rétrograde par un changement de situation de quelques parties du mécanisme du régulateur. Ainsi, pour faire marcher la machine dans la direction opposée à celle qu'elle a, il suffit, tandis qu'elle est en repos, de faire passer les deux robinets *s* à la position qu'ils auraient prise si les manivelles eussent encore tourné d'un demi-tour, et de placer les deux arrêts b^1 b^1 dans la position b^2 b^2. En faisant changer la situation des deux robinets *s*, le piston à gauche, qui s'abaissait par la pression de la vapeur, cessera de descendre; et le piston à droite, recevant l'action de la vapeur, sera pressé pour descendre; aussitôt les manivelles marcheront en sens contraire, et détermineront ainsi le mouvement rétrograde.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Machine à double effet et à forte pression.*

273. Dans plusieurs machines construites en Angleterre, et dans celles que M. *Edwards* établit maintenant en France, on a combiné la méthode de *Watt*, du double effet, avec celle de *Trevitick* à forte pression. Dans ces nouvelles machines les chaudières sont de fonte, pour résister à la force élastique de la vapeur chauffée à une plus haute température que celle de l'eau bouillante; mais on a conservé le condenseur, et les injections s'opèrent comme dans les anciennes machines à double effet. Voici la description donnée par M. *Molard*, dans un rapport à la *Société d'encouragement*, d'une machine de cette espèce, construite par M. *Edwards*, et établie dans la manufacture

de M. *Richard*, rue de Charonne. Elle est de la force de six chevaux.

274. Elle fait mouvoir des mécaniques à carder des laines grasses, et elle remplace, pour cet objet, un manége attelé de quatre chevaux, pour le mouvement duquel douze chevaux étaient nécessaires.

La disposition de la machine à vapeur dont il s'agit est à la fois simple et agréable à la vue. Sa construction, trés-soignée dans toutes ses parties, offre toute la solidité convenable; les mouvemens se font avec aisance, régulièrement et sans bruit; elle prend peu d'emplacement. La chaudière est placée extérieurement, et le fourneau réduit la fumée.

275. Deux pistons à garniture métallique, deux robinets et deux soupapes suffisent pour diriger la circulation de la vapeur qui anime la machine; un balancier de fonte, porté par quatre colonnes disposées en pyramide quadrangulaire, reçoit à l'une de ses extrémités le mouvement de la tige des pistons, par l'intermédiaire d'un double parallélogramme, et le communique à la pompe à air, renfermée dans le condenseur, laquelle, en élevant l'eau froide d'un puits, dispense de l'emploi d'une bâche, et à la manivelle de l'arbre du volant, par l'intermédiaire d'une biéle. Enfin, l'arbre du volant communique à son tour le mouvement de rotation au modérateur qui gouverne le robinet d'admission de la vapeur, aux deux soupapes éconductrices de la vapeur, fermées par un double ressort, et qui s'ouvrent alternativement au moyen d'un va et vient résultant d'un mouvement de rotation fort ingénieux, pour mettre la vapeur en communication avec le condenseur. C'est à l'arbre du volant que s'adapte celui destiné à imprimer le mouvement aux cardes à laine.

276. Après que la petite pompe alimentaire a fait passer dans

la chaudière la quantité nécessaire d'eau chaude d'injection, quantité qu'on peut régler à volonté, le surplus s'écoule dans la rue; celle-ci paraît ne pas avoir plus de douze degrés de chaleur (*Réaumur*).

277. Deux cylindres à vapeur de différens diamètres entrent dans la composition de la machine de M. *Edwards*; ils sont renfermés dans une même enveloppe de fonte, et continuellement environnés de vapeur qui les entretient au même degré de chaleur que celui de l'intérieur de la chaudière. La garniture métallique des pistons est composée de plusieurs segmens de cercle de cuivre, pressés de dedans en dehors par des ressorts à boudin contre les parois intérieures des cylindres à vapeur. Cette garniture, par son frottement, polit plutôt l'intérieur des cylindres que de les user, à cause de son peu de pression latérale; tandis que les garnitures en usage les détériorent à la longue, et exigent un renouvellement fréquent et dispendieux. M. *Edwards* a dit que les pistons à garniture métallique pouvaient travailler plusieurs années, sans qu'on eût besoin d'y faire aucune réparation; d'où il résulte une grande économie dans l'entretien de la machine.

278. Il règne une parfaite harmonie dans le jeu des robinets pour l'admission et la distribution de la vapeur, ainsi que dans celui des soupapes éconductrices pour la condensation, placées les unes et les autres dans une boîte à vapeur d'une seule pièce de fonte, adaptées latéralement près du sommet de l'enveloppe des deux cylindres à vapeur.

279. La chaudière est principalement composée de deux pièces de fonte en forme cylindrique, fermée à l'un des bouts par des fonds hémisphériques, et réunies au milieu par des boulons placés intérieurement. Au-dessous de la chaudière

sont deux forts tubes de fonte, de la même longueur que la chaudière, et qui communiquent du côté de la porte du fourneau immédiatement au-dessus du foyer, de sorte que ces deux tubes reçoivent le premier coup de feu, sur une longueur d'environ 6 décim. la vapeur s'y génère facilement et avec profusion, et son action se faisant éprouver continuellement au fond de la chaudière, il ne peut s'y former aucun dépôt adhérent.

280. M. *Edwards* assure qu'une pareille chaudière, en usage dans ses ateliers depuis nombre d'années, n'avait éprouvé la moindre dégradation, et qu'il la considérait comme indestructible.

281. La construction et le jeu des soupapes de sûreté doivent complétement rassurer à l'égard des accidens qui pourraient résulter de la négligence du chauffeur, accidens qui auraient également lieu avec des chaudières de cuivre ou de tôle laminée sans cette précaution.

GENRE TROISIÈME. — Machine à rotation immédiate.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Machine de* Verzy. Pl. IX, fig. 2 *(a)*.

282. Soit *a b c o l* la coupe perpendiculaire à l'axe *c* d'un cylindre, dont la hauteur est égale à distance *m n* qui le sépare d'un autre cylindre *e f g h i e* qui pénètre le premier, de manière que leurs axes se confondent, et que la surface du dernier s'ajuste exactement aux bords des surfaces supérieures et inférieures du premier; il y aura entre les deux cylindres une espèce de canal circulaire, dont la coupe horizontale sera *k e b f h l m n k e* et la hauteur égale au plan *m n*, qui est attaché au cylindre extérieur et qui en interrompt la continuité.

283. Les bases du cylindre intérieur sont fermées par de

(*a*) *Essai sur la composition des Machines, par MM.* Lanz et Bettancourt.

planches de métal faisant un petit rebord sur les couronnes du cylindre extérieur; elles sont assujetties à l'axe *c*, de manière que le cylindre intérieur puisse tourner librement autour de son axe, en supposant fixe l'intérieur.

284. On a pratiqué dans la surface courbe du cylindre intérieur deux ouvertures diamétralement opposées *e i*, *g h*, égales en hauteur et en largeur à celles du canal circulaire; on a ouvert deux portes ou soupapes angulaires *k e i*, *g h l*, qui tournent sur leurs axes *e* et *h*, et tendent à refermer en même temps ces ouvertures, ainsi que le canal, au moyen de deux ressorts en spirales *e p q*, *h r s*, qui sont dans la partie supérieure des axes, et dont la force élastique peut augmenter ou diminuer à volonté. Les axes sortent hors de la base supérieure, et ont chacun une manivelle dont les positions se projettent dans les directions *e k*, *h l*.

285. La surface courbe du cylindre est percée par deux trous circulaires, l'un où vient aboutir le tube A conducteur de la vapeur, et l'autre communique avec le conducteur au moyen du tube B.

286. Cela étant compris, si l'on suppose que la vapeur entre par le tube A, le plan *m n* s'oppose à son passage, tandis que les deux côtés *k e*, *e i* de la soupape angulaire lui présentent la même surface; et par conséquent elle ne changera pas de situation, et son bord s'appuiera sur celui du cylindre intérieur avec toute la force du ressort *e p g*, et ce cylindre tournera dans la direction *a b c*. Avant que *k e* arrive au trou B, qui communique avec l'injection, la manivelle qui est en *h* aura rencontré l'obstacle *o* qui est une petite barre fixée à la couronne supérieure du plus grand cylindre, et aura forcé à tourner en dedans la soupape angulaire *g h l*, parcourant ainsi sans difficulté le plan fixe *m n*, de sorte que, quand il aura repris sa première

position, *k p* aura passé le trou B, et le vide sera formé dans la partie *k e b l r f p* du canal, et tout sera dans l'état représenté par la figure; seulement le cylindre intérieur aura fait une demi-révolution. L'action de la vapeur continuera à communiquer à l'axe *c* un mouvement continu de rotation que l'on pourra appliquer à tel usage que l'on voudra.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Machine d'*Amontons (*a*) Pl. VII, fig. 5.

287. A B C D, etc., et 1 2 3 4, etc., sont deux rangées circulaires et concentriques de cellules disposées autour d'un axe horizontal et mobile G, et exactement closes de toutes parts, à cela près néanmoins que les cellules A B C D, etc., communiquent à chacune des cellules correspondantes 1 2 3 4, etc., par le moyen des tubes H, L, M, etc., et que les cellules 1 2 3 4, etc., communiquent les unes aux autres par les soupapes 7 8 9 10, etc., qui sont toutes posées et s'ouvrent toutes dans le même sens, en sorte qu'elles permettent l'entrée à l'eau de la première à la seconde cellule, puis de la seconde à la troisième, de la troisième à la quatrième, enfin de la dernière à la première, et qu'elles ne permettent pas son passage dans le sens contraire. Les cellules A B C D, etc., n'ont aucune communication entre elles.

288. Un réservoir R R plein d'eau, est placé au-dessous de la machine, et les cellules A B C D, etc., ne sauraient tourner autour de l'axe G sans être, pendant une certaine partie de la révolution, submergées entièrement; enfin un fourneau A', dont la bouche K est disposée de manière que la flamme échauffe celle des cellules A B C D, etc., qui, par le moyen

(*a*) *Mémoires de l'Académie*, an 1699. — *Nouvelle architecture hydraulique de* Prony, tome 2.

des tubes H, L, M, etc., communique avec celle des cellules 1 2 3 4, etc., qui se trouve au point le plus bas de la course.

289. Cela bien conçu, supposons que, dans l'état représenté par la figure, les cellules 1 2 3 soient remplies d'eau, que les autres 4 5 6, etc., ne contiennent point d'eau, et que, dans cet état, l'effort provenant de la pesanteur du fluide qui tend à faire tourner dans le sens F E D, fasse équilibre à la résistance qu'on veut vaincre, y compris les frottemens et les obstacles à ranger dans la même classe; si alors on allume le feu en A', l'air contenu dans la cellule A s'échappera, et fera effort pour s'introduire dans le tube H, de l'extrémité duquel il reviendra presser l'eau contenue dans la cellule I; cette eau ainsi pressée et ne pouvant s'échapper par la soupape 8, sera refoulée par la soupape 7 dans l'espace 2, et de suite, le fluide contenu dans les espaces 1 2 3 sera refoulé dans le sens où les soupapes livrent le passage, et passera dans les espaces supérieurs. Cette ascension de l'eau ne pourra avoir lieu sans que l'équilibre soit rompu par l'augmentation de la somme des mouvemens qui aura lieu dans le poids moteur, et l'eau ainsi élevée, fera par son poids tourner la roue : pendant ce temps, la cellule A dont l'air est échauffé, sera submergé dans le réservoir R, et éprouvera un refroidissement qui rendra à cet air inférieur sa première température, ou au moins la mettra à un point tel qu'il puisse achever de se refroidir avant que la cellule A revienne en K; de plus la flamme B', échauffant sans cesse les parois extérieures des cellules qui se présentent en K, refoule sans cesse l'eau comme elle avait fait aux cellules 1 2 3, et continue ainsi à faire tourner la roue; les cellules A B C D, etc., échauffées, allant successivement se refroidir dans le réservoir R.

290. *Amontons* donne 12 pieds de diamètre au tambour des cellules 1 2 3 4, etc., sur une pareille longueur de 12 pieds,

prise perpendiculairement à la figure, et deux pieds de profondeur comptés du côté du centre de la roue; ces cellules renferment 7 5 4, 3 pieds cubes d'eau dont le quart est 186, 6 qui, multipliés par 70 livres, poids d'un pied cube d'eau, donnent 13,202 livres. *Amontons* pensé qu'avec cette masse on mettra en mouvement une résistance équivalente à 9429 livres, appliquées tangentiellement à la circonférence qui passe par le milieu des cellules 1 2 3, etc., la roue pouvant faire une révolution en 36 secondes. Cet effet équivaudrait, selon lui, au travail ordinaire de 39 chevaux ou de 234 hommes.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Machine de* Salder, Pl. IX, fig. 9 et 10 (*a*).

291. A, chaudière d'où la vapeur est conduite par le tuyau B dans l'axe du cylindre rotatif C C de fonte, et creux: la boîte où le cylindre est réuni à B, doit empêcher la vapeur de sortir, et doit gêner le moins possible le mouvement de l'axe creux; la vapeur, après avoir traversé les bras du cylindre, rencontre, près de leurs extrémités, un jet d'eau froide qui la condense. Ce jet est introduit par les petits tubes *o o*, communiquant avec l'autre axe M également creux. L'eau tombe au fond de la caisse D D, d'où elle descend par le tuyau E, duquel elle passe, ainsi que le peu d'air formé pendant la condensation à travers le robinet F; et, continuant à descendre (la soupape est censée ouverte) dans les tuyaux I I qui ont aussi un mouvement de rotation, elle est rejetée par la force centrifuge hors des soupapes K K. L'air qui est resté dans la partie supérieure du tuyau C, s'échappe en ouvrant le robinet F; il est remplacé par de l'eau que fournit le réservoir P.

(c) *Annales des arts et manufactures*, tome 1.

292. On pourra changer la position respective de l'eau et de la vapeur, en faisant entrer cette dernière dans la caisse D D pour remplir les fonctions de la première. La fig. 9 représente une coupe de la machine prise sur le milieu de l'axe creux ou cylindre rotatif. A A, deux tubes portant l'eau froide pour condenser le fluide élastique dans les extrémités des bras du cylindre B B. L'eau condensée passe par le tuyau E, le robinet F, la soupape H jusque dans les bras *k k*, d'où elle est définitivement évacuée.

293. Obs. En général, les récepteurs thermiques à rotation immédiate présentent de si graves inconvéniens, que l'on n'a jamais pu les employer avec quelque succès. Quelle que soit la méthode que l'on puisse imaginer, il est presque impossible d'éviter une très-grande perte de vapeur et des frottemens énormes.

294. Nous avons vu que toutes les machines à vapeur que nous venons de décrire, sont composées de plusieurs parties dont chacune exerce une fonction distincte, quoique toutes concourent à produire l'effet principal. Nous allons maintenant examiner ces parties séparément, en les isolant les unes des autres. Cet isolement nous facilitera les moyens de les faire connaître avec clarté et précision, et d'exposer méthodiquement pour chacune les principaux détails de construction qui ont été proposés.

295. Les parties dont nous allons nous occuper sont, 1°. les fourneaux; 2°. les chaudières; 3°. les cylindres à vapeur; 4°. les pistons; 5°. les soupapes et les robinets; 6°. le réfrigérant ou condenseur; 7°. les soupapes de service. Nous renvoyons la description des régulateurs, des modérateurs, des balanciers et autres organes de transmission en usage dans les machines à vapeur, aux chapitres 1 et 2 du livre cinquième.

Des fourneaux.

296. Nous nous bornerons dans cet article à décrire les fourneaux fumivores adoptés dans les meilleures machines à vapeur récemment construites en Angleterre et en France, et nous croyons superflue la description des anciens fourneaux maintenant délaissés par les plus habiles constructeurs.

297. On appelle fumivores les fourneaux qui ont la propriété de brûler et de consommer complétement le combustible sans qu'il s'en dégage de la fumée. Cette propriété précieuse produit le double avantage d'épargner une quantité considéralbe de combustible, et de supprimer l'épaisse et abondante fumée qui rend les anciennes machines si incommodes aux habitations voisines.

298. *Watt* a imaginé deux sortes de fourneaux fumivores (*Repertory of arts*, tom. 4, et *Journal des mines an* X). Dans les uns (Pl. VIII fig. 6), la houille est jetée dans une sorte d'entonnoir où elle brûle à flamme renversée: l'air atmosphérique, entrant par la porte supérieure, emporte avec lui la fumée qui se dégage de la houille fraîche, et la fait passer à travers la houille inférieure à demi-brûlée qui a cessé de fumer, et qui est incandescente; cet air entretient la combustion de la houille, mais il ne suffirait pas pour brûler toute la fumée. On rend la combustion complète en admettant dans le fourneau, au niveau du fond de l'entonnoir, un courant d'air frais qui n'ait pas passé à travers le combustible, et n'ait rien perdu de son oxigène.

299. A A est la chaudière qui peut avoir une forme quelconque. — B B, canal qui entoure la chaudière. — C, passage communiquant entre le canal BB et le dessous de la chaudière. — D D, tuyau qui conduit la flamme sous le fond de la chaudière. M. *Watt* estime que c'est dans ce tuyau que s'achève la com-

bustion entière de la fumée. — E E, cendrier. — F, porte pour retirer les cendres : elle doit être fermée pendant le travail. — G H, foyer en forme d'entonnoir. Le combustible frais qu'on ajoute continuellement est mis en G : il descend graduellement, à mesure que le combustible inférieur se consume. La partie H est très-chaude, car elle est sans cesse remplie de *coak* qui a cessé de fumer. — I est une ouverture pour admettre de l'air frais au bas du foyer et régler le feu. — K est une porte que l'on ouvre quand on veut cesser le travail. — L est une arcade de brique sur laquelle on place d'abord des charbons allumés, on ajoute de la houille par-dessus, et on en remplit le foyer jusqu'en G, en ayant soin de laisser des interstices pour le passage de l'air, soit à travers la houille même, soit entre la houille et le mur de front N. On admet plus ou moins d'air en I pour régler le feu et brûler toute la fumée; mais il faut éviter d'en admettre trop, car alors la fumée remonterait en G.

Nota. La section horizontale du foyer G H est un rectangle dont on ne voit que le petit côté dans la figure. Il en est de même du tuyau vertical D.

300. Dans un autre fourneau représenté (Pl. VIII, fig. 7.), *Watt* place la houille fraîche sur une grille A A, comme c'est l'usage, immédiatement au-dessous de la chaudière; mais entre cette grille et la cheminée, il met une autre grille plus petite B, sur laquelle on doit entretenir un feu de coak qui a été brûlé antérieurement, jusqu'au point de ne plus donner de fumée. La grande chaleur du coak incandescent, et l'air qui le traverse, contribuent à brûler les fumées du premier feu qui sont forcées de passer au-dessus du second.

301. M. *W. Thomson de Bowlam* a aussi construit sur les mêmes principes un fourneau dont la forme est cependant un

peu différente. Il est représenté (Pl. VIII, fig. 12). *a a a a* est la maçonnerie sur laquelle la chaudière est ordinairement assise. — A A est la chaudière. — B B est le foyer ; il a un tiers de longueur de plus que les foyers ordinaires. — C est une arcade ou cloison qui traverse le foyer, et descend cinq ou six centimètres plus bas que le fond du canal D qui passe sous la chaudière. — D D D D est le canal par lequel circulent les gaz résidus de la combustion et l'air chaud qui a traversé le foyer. E est la porte du foyer, dans laquelle est pratiquée une porte plus petite. Cette petite porte sert au passage du ringard, avec lequel on pousse légèrement le combustible, en ayant soin de ne pas endommager l'arcade C. — F, petit tuyau au bout du foyer, dans lequel monte un courant d'air frais, dont on détermine le volume à volonté, à l'aide d'un régulateur. G est un petit mur ou rebord en briques, pour empêcher le coak de tomber dans le tuyau F et de le boucher.

302. On concevra facilement l'effet de ces différentes dispositions. L'arcade C empêche la fumée de la houille fraîche qu'on vient de jeter dans le foyer, de passer de suite dans le canal D et dans la cheminée ; elle l'oblige de traverser le feu du coak qui est au-delà. Cette fumée se brûle en partie avec le coak, et ce qui n'est pas consumé, achève de l'être en se mêlant avec le courant d'air qui entre par le tuyau F. Ce courant d'air F ne doit pas être trop abondant, car alors il aurait l'inconvénient de refroidir la flamme et l'air chaud qui circulent au-dessous et autour de la chaudière. La petite porte pratiquée dans la porte E doit aussi avoir certaines dimensions fixes ; trop petite ou trop grande, elle nuit à l'effet du fourneau.

303. MM. *James* et *John Robertson* de Glascow, ont obtenu, le 13 août 1800, une patente pour un fourneau qui a, comme ceux qui précèdent, l'avantage de consumer sa propre

fumée, et d'être très-économique. Sa construction semble préférable (Pl. VIII, fig. 1 et 2). Ce fourneau consiste principalement, 1°. en une trémie inclinée, qu'on remplit de houille même pour que l'air ne puisse passer au travers; 2°. en une grille placée sous la chaudière, et sur laquelle tombe la houille qui remplit la trémie: cette grille est inclinée de devant en arrière pour que la houille puisse aisément être poussée plus loin, à mesure qu'elle se consume et cesse de fumer: 3°. enfin en un passage pour l'air frais qui sert à brûler la fumée. Ce passage est pratiqué au-dessus ou dans la partie supérieure de la trémie. On règle son ouverture, soit en inclinant plus ou moins une plaque mobile qui recouvre la houille, soit de toute autre manière. Voici quel est l'effet de ce fourneau. Pendant que la houille qui est sur la grille se brûle, celle qui occupe la partie inférieure de la trémie se distille en partie. Les fumées qui s'en dégagent passent au-dessus des charbons incandescens qui recouvrent la grille, et acquièrent une haute température; dans le même temps, le courant d'air frais qui descend de la partie supérieure de la trémie se mêle avec les fumées, s'échauffe au même degré, et les consume en totalité.

304. Les fig. 1 et 2 (Pl. VIII) représentent la coupe et l'élévation du fourneau de MM. *Robertson*. A, trémie dans laquelle on met la houille; elle peut être faite d'une seule pièce ou de plusieurs pièces réunies à tenons et mortaises. On ferme quelquefois la partie supérieure de cette trémie avec une porte en tôle. — *a*, plaque régulatrice, qui peut tourner sur deux pivots, placés vers le milieu de sa longueur, de manière à augmenter ou à diminuer la tranche d'air qui doit entrer dans le fourneau. Cette plaque est ordinairement distante de deux à trois centimètres de la partie supérieure de la trémie. — B C, grille composée de deux parties, l'une inclinée B, qui sert de fond au

foyer et supporte le combustible ; l'autre verticale C en avant du fourneau, immédiatement au bas de la trémie, et servant au passage du ringard pour attiser le feu, et pousser le coak en arrière pendant que la houille tombe en *c*. — D, mur vertical, au bout de la grille B; ce mur est nécessaire pour empêcher le combustible d'être poussé trop en arrière, et pour diriger la flamme, de la fumée et de l'air frais. — F, canal au-dessous et autour de la chaudière pour la circulation de la flamme. — H, maçonnerie du fourneau. — I, cendrier. — K, plaque de fonte horizontale, jointe à la plaque inférieure de la trémie, et qui facilite la pose de celle-ci lors de la construction. — *r*, porte pratiquée entre le mur D et la partie postérieure de la grille B, pour nettoyer la grille et la débarasser des résidus de la combustion. — S S, portes du fourneau ; elles doivent être fermées quand le fourneau est en train. On ne les ouvre que quand il faut attiser le feu, nettoyer la grille, ou pousser le charbon en arrière. L'usage de ces portes est d'empêcher la déperdition de toute la chaleur rayonnante qui sort de la partie inférieure et antérieure de la grille, et d'augmenter le tirage du fourneau.

305. Le fourneau que nous venons de décrire est employé avec le plus grand succès à Londres, à Manchester, etc. Voici ce qu'en dit M. *Tilloch*, dans le *Philosophical Magazine*, n°. 148.

Invités par un avertissement, nous nous sommes transportés chez MM. *Bennet* et *Silver*, dans Bedford-Street, Covent-Garden, pour voir un de ces fourneaux en action, et nous avons été extrêmement satisfaits, en observant qu'on ne voyait pas la moindre apparence de fumée à l'extrémité du conduit de la cheminée. On ne peut guère donner une idée plus juste de l'avantage qui caractérise ce perfectionnement, qu'en racontant

ce qui avait eu lieu précédemment à l'occasion de cette même machine à vapeur. La fumée incommodait les voisins à un tel degré, qu'ils obtinrent que la machine fût arrêtée, comme produisant un inconvénient insupportable. Maintenant cette machine est si éloignée d'incommoder qui que ce soit, que, si l'on n'est pas admis à la voir travailler de près, il est impossible de deviner de dehors quand elle est en action ou en repos.

Chaudières.

306. Les machines à vapeur destinées à un travail continu doivent être pourvues de deux chaudières. Cette précaution est nécessaire afin que le travail ne cesse pas, lorsqu'on répare une des chaudières.

307. Les chaudières des machines qui ne sont pas à double pression, sont de cuivre ou de tôle laminée; elles ont des formes différentes, mais toutes doivent être pourvues de plusieurs ouvertures et de plusieurs tubes dont nous allons expliquer l'usage, voyez Pl. VIII, fig. 10.

308. A est une ouverture ou regard par où l'on remplit la chaudière, et qui sert à y pénétrer pour l'examiner intérieurement.

B est un tuyau muni d'un robinet pour la vider. — *v v* est le tuyau qui aboutit au cylindre, et qui conduit la vapeur de la chaudière où elle se forme, au cylindre où elle agit.

Le tuyau *t t'* se nomme le *tuyau nourricier* de la chaudière. C'est lui qui conduit l'eau nécessaire pour entretenir celle qui est dans la chaudière, toujours à une hauteur constante. Ce tuyau aboutit à un autre tuyau *l l* dont l'extrémité inférieure plonge dans l'eau de la chaudière. Il est aisé de concevoir pourquoi l'eau que le tuyau nourricier conduit, pénètre dans la chau-

dière, malgré la vapeur qui se forme en *b*, lorsque cette vapeur n'est qu'à 80 ou 85 degrés; car cette eau a, outre le poids de l'atmosphère, celui de toute la colonne depuis *t* jusqu'à la surface de la chaudière. On conçoit que la longueur du tuyau doit être d'autant plus grande que la température de la vapeur est plus élevée. Le tuyau nourricier doit avoir un robinet qui donne le moyen de régler la quantité d'eau que l'on veut introduire dans la chaudière.

Le tuyau *m m* (fig. 11) sert à reconnaître la hauteur de l'eau dans la chaudière. Sa partie inférieure plonge dans l'eau, et il communique à sa partie supérieure avec la vapeur; d'après cela, l'eau doit s'y introduire et s'y tenir au même niveau que dans la chaudière; et, comme la partie apparente de ce tuyau est en verre, on peut à chaque instant connaître la hauteur intérieure de l'eau. Il est très-aisé (*a*) d'adapter de la même manière un thermomètre qui fasse connaître à l'extérieur, la température de l'eau; cette température indiquera la valeur de la pression, au moyen de la table 191. On pourrait au thermomètre substituer un baromètre dont le tube serait apparent, et dont la cuvette plongerait dans la vapeur. Cet instrument indiquerait immédiatement la force de la pression.

309. La chaudière doit avoir indispensablement une soupape de sûreté pour donner issue à la vapeur qui se forme dans la chaudière, lorsqu'on veut arrêter la machine, soit pour cesser le travail, soit dans le cas de quelque accident: on lève cette soupape à volonté en tirant une chaîne *k k* qui passe sur une poulie, ou qui répond à un bras de levier *b b* qui a un mouvement de rotation autour du centre C. Cette soupape est chargée de manière que l'excès de son poids, plus celui de

(*a*) *Nouvelle architecture hydraulique de* Prony, tome 2, page 55.

l'atmosphère sur la pression inférieure de la vapeur, ne laisse pas un trop grand effort à faire à celui qui veut la lever.

310. La chaudière est ordinairement revêtue d'une maçonnerie en brique qui la préserve des chocs à laquelle elle serait exposée, et qui diminue la déperdition de la chaleur rayonnante.

311. Il y a des chaudières dont la coupe horizontale représente un cercle, et dont la coupe verticale a la forme indiquée (Pl. VIII, fig. 10). On voit que la partie inférieure est concave pour mieux recevoir l'action de la chaleur; la partie supérieure convexe a la forme d'une calotte.

312. La coupe horizontale de la chaudière (Pl. VIII, fig. 11) est un parallélogramme. Sa coupe verticale a la forme indiquée, fig. 11. — *a* est un canal qui traverse la chaudière dans toute sa longueur, au moyen duquel la flamme est admise dans le sein de la chaudière même. La chaudière de la fig. 10 dont la paroi de l'espace est une surface de révolution, n'a pas besoin d'un canal intérieur comme celui que nous venons d'indiquer, parce que la chaleur appliquée au pourtour, a partout une égale tendance à pénétrer au centre, propriété que n'admet point la forme oblongue de la seconde espèce de chaudière.

313. Dans l'une et dans l'autre espèce on a soin de pratiquer dans la maçonnerie un canal qui environne la chaudière tout autour, et qui communique d'un côté avec le foyer et de l'autre avec le tuyau de la cheminée, de sorte que la flamme entre dans le canal, et est obligée de faire le tour de la chaudière avant de trouver une issue libre.

314. On place ordinairement près de la chaudière, et à la hauteur convenable, un réservoir provisionnel contenant l'eau destinée à la remplir. Cette eau peut être amenée dans le réservoir par des moyens dépendans du jeu de la machine.

Chaudières de bois

315. M. *Droz* proposa d'adapter des chaudières de bois aux machines à vapeur. Voici le rapport de MM. *Coulomb* et *Prony* sur une machine soumise au jugement de l'institut, dans laquelle M. *Droz* fit usage de ces chaudières. Cette machine est de l'espèce de celles qu'on a nommées à *double effet*, dans lesquelles la condensation de la vapeur ayant lieu alternativement au-dessus et au-dessous du piston du cylindre à vapeur, ce piston fait effort, soit en montant, soit en descendant. Les moyens de produire un pareil effet sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'en donner la description entière, et nous nous contenterons de faire connaître les particularités qui distinguent la machine de M. *Droz* des autres machines de la même espèce. (Pl. IX, fig. 11.)

316. La première consiste dans la disposition de la chaudière et dans la manière de chauffer l'eau; ce liquide et la vapeur qu'il produit sont renfermés dans un vaste récipient en bois, que l'auteur se propose de doubler en plomb si cela est nécessaire, formé de douelles ou planches verticales maintenues par des cercles de fer, et ayant la forme de cône tronqué dont la hauteur est d'environ 27 décimètres, le diamètre inférieur de 21 décimètres, et le supérieur de 17; le tout pour un cylindre à vapeur de 45 centimètres de diamètre. Ce récipient renferme deux chaudières de métal placées l'une dans l'autre, de forme cylindrique, terminées par des culs de four, et dont les sections horizontales sont concentriques. Leurs diamètres respectifs vers la base sont à peu près de 150 et de 100 centimètres, en sorte qu'elles sont séparées l'une de l'autre par un intervalle d'environ 25 centimètres. La chaudière intérieure a une communication avec le récipient, par un trou pratiqué au robinet inférieur

d'écoulement, au moyen duquel l'eau mise dans le récipient pénètre dans cette chaudière intérieure qui, de plus, a une issue dans la partie supérieure du récipient par une ouverture faite aux deux chaudières, de manière pourtant que l'espace qui les sépare soit exactement clos par rapport à l'intérieur du récipient. Cette dernière ouverture a pour objet de faire communiquer la vapeur qui se forme dans la chaudière avec celle qui se forme dans le récipient.

317. Cet espace intermédiaire entre les deux chaudières communique avec le fourneau où est allumé le feu qui en occupe la partie inférieure, et, lorsqu'il est allumé, échauffe le fond de la chaudière intérieure, et de plus se répand et circule dans tout l'espace qui sépare les deux chaudières. La cheminée prend naissance du haut de la chaudière extérieure, et environ 12 décimètres de sa longueur sont renfermés dans le récipient de bois.

318. On conçoit, d'après cette description, que le volume de l'eau mise dans le récipient se dirige en deux parties; l'une qui passe dans la chaudière métallique intérieure, et l'autre qui reste entre la chaudière métallique extérieure et la paroi du récipient. L'espace renfermé entre ces deux parties d'eau est rempli par la flamme, laquelle pénètre ainsi dans le sein du liquide, et de plus exerce son action dans la partie qui, placée au-dessus du niveau de l'eau, n'est remplie que par la vapeur.

319. La seconde particularité de la machine de M. *Droz* consiste dans la manière d'en perpétuer le mouvement, et de transmettre celui du piston au volant, transmission qu'il opère sans se servir de balancier. Voici le mécanisme qu'il emploie pour remplir l'un et l'autre objet. Le haut de la tige du piston du cylindre à vapeur tient avec articulation à deux verges de métal dont les deux autres bouts sont attachés aussi avec articu-

lation aux extrémités de deux leviers tournant sur des axes fixés à la charpente de la machine. On voit d'après cela que, pendant les descentes et les montées successives du piston, chacun de ces leviers décrit des portions de révolution, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et ses mouvemens alternatifs sont employés à faire mouvoir la biele du régulateur, la pompe à air, la pompe de reprise qui élève l'eau de condensation, et celle qui alimente la bâche; ensuite, pour faire mouvoir le volant, l'auteur a placé au haut de la tige du piston une traverse horizontale de métal dont chaque extrémité supporte une verge ou biele pendante, et ces deux bieles font tourner la manivelle excentrique adaptée à l'axe du volant.

320. M. *Droz* a employé, pour modérer le mouvement de la machine, le moyen connu mais ingénieux de deux globes suspendus à deux verges qui, en vertu de la force centrifuge, s'écartant l'une de l'autre à mesure que le mouvement devient plus rapide, diminuent par cet écartement combiné avec un mécanisme fort simple, l'ouverture d'une soupape qui communique de la chaudière au cylindre à vapeur, et ralentissent ainsi la vitesse du mouvement.

321. Les changemens faits par M. *Droz* à la machine à vapeur nous paraissent dignes d'attention; la disposition de la chaudière est favorable à la vaporisation; mais il ne faut pas se dissimuler que la dépense en sera plus considérable que celle des chaudières ordinaires, d'autant plus que nous doutons qu'on puisse faire le grand récipient en bois, même avec une doublure en plomb, sans s'exposer à le renouveler fréquemment. On peut en outre craindre que la partie des chaudières métalliques qui est uniquement placée entre la flamme et la vapeur, ne se calcine promptement. La suppression du balancier et de ses at-

tirails paraît offrir de l'avantage par la diminution des masses à mouvoir, et surtout par la réduction de l'emplacement qu'occupe la machine.

Machine à chaudière de bois de M. O' Reilly, Pl. IX, fig. 17 (*a*).

322. *a*, cylindre placé dans l'intérieur de la chaudière de bois, et dont les extrémités inférieures et supérieures dépassent le fond. — *b*, chaudière de bois remplie d'eau. Cette chaudière est formée de madriers de bois assemblés et retenus par une charpente solide; pour empêcher qu'elle ne se détruise par les alternatives de froid et de chaud ou par l'action de l'eau qui l'imbiberait, on la double de cuivre ou de plomb laminé. Au-dessus, à gauche du cylindre, on laisse une ouverture par une porte mobile qui y est fortement attachée, et qui sert à entrer dans la chaudière pour y faire les réparations en cas de besoin. Au milieu de la masse d'eau se trouve le foyer en fonte où se fait le feu, ainsi que le conduit qui porte la fumée hors de la chaudière. Au-dessus de la surface de l'eau, le cylindre est muni d'un tuyau de communication 3 qui sert à introduire la vapeur en dessus et en dessous du piston.

323. La chaudière a une soupape de sûreté *x* chargée du poids *y* à l'extrémité du levier, avec des crans de distance en distance pour pouvoir, par l'éloignement plus ou moins grand du poids *y*, fixer la pression qu'on juge à propos de lui faire exercer. Le foyer *e* est en fonte; les rebords sont boulonnés contre les madriers de la chaudière; mais on a soin de mettre entre le métal et le bois, des feuilles de carton qui, se trouvant toujours imbibées d'eau, empêchent qu'une trop grande chaleur ne brûle les madriers. Le conduit de la fumée, après avoir tourné dans l'intérieur de la chaudière, descend au-dessous de la chaudière

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 9.

avant d'entrer dans la cheminée. Une ouverture laisse entrer l'air pour aider la combustion de la fumée.

324. Voici le jeu de la machine. En haut et en bas du cylindre se trouvent quatre soupapes dont deux q et q' communiquent avec le tuyau à vapeur 3, et deux autres r et r' communiquent avec les tuyaux des condenseurs s et s'. Au milieu des fonds du cylindre sont deux boîtes à cuir à travers lesquelles passe la tige du piston. Supposons le piston prêt à arriver au fond du cylindre, la soupape q ouverte et q' fermée; supposons en outre la soupape r du condenseur s ouverte, et celle r' du condenseur s' fermée, la vapeur qui se trouve entre le piston et le fond entrera dans le condenseur s. Dès que le piston est arrivé au fond, il presse contre les tiges des soupapes inférieures, ferme celle r et ouvre la soupape à vapeur q'; en même temps le crosillon u descendant presque simultanément contre les soupapes q et r', ferme la communication de la première et ouvre celle de la seconde avec le condenseur s'; alors la vapeur passant par le tuyau 3, ne pouvant entrer par q, pénètre par q' et force le piston de remonter en chassant la vapeur qui se trouve dans l'espace supérieur du cylindre, par la soupape r' dans le condenseur s': le crosillon inférieur t, par le coup montant, produit l'effet contraire.

Cylindres à vapeur. Pl. VIII, fig. 1 (*a*).

325. Un cylindre à vapeur est formé de l'assemblage de quatre pièces principales; savoir, le couvercle qui est traversé par la tige du piston, et auquel est adapté le *steam-box* que nous allons décrire bientôt; une pièce inférieure dans laquelle est l'ouverture par où la vapeur s'introduit au-dessus du piston; le corps du cylindre proprement dit; et enfin le fond. La disposition

(*a*) *Nouvelle architecture hydraulique de* Prony, tome 1.

des parties supérieures doit réunir à la condition de la solidité celle de l'imperméabilité à la vapeur au travers des joints d'assemblage. La partie inférieure doit fournir un écoulement facile à la petite portion d'eau résultant de la vapeur qui se condense contre la paroi intérieure du cylindre; à cet effet le bas du grand corps du cylindre est terminé par une calotte sphérique renversée. Au milieu de cette calotte est un trou carré formant un des orifices d'un canal dont l'autre orifice est l'ouverture par laquelle la vapeur s'introduit dans le cylindre au-dessous du piston, le fond du canal ayant une courbure et une inclinaison pour faire couler le fluide d'un orifice à l'autre; de cette manière toutes les gouttes condensées dans le cylindre se réunissent nécessairement au trou formant le centre de la calotte inférieure, d'où elles vont se réunir à l'eau de condensation.

326. Il est essentiel d'empêcher que la vapeur ne s'échappe au dehors, cependant l'ouverture par laquelle la tige du piston du cylindre à vapeur entre dans ce cylindre, doit, quelque attention qu'on y ait mise, causer une petite déperdition de vapeur et un léger refroidissement dans la partie supérieure du cylindre. Pour parer à cet inconvénient, on a imaginé de pratiquer au-dessus du cylindre une boîte communiquant avec le tuyau qui conduit la vapeur au cylindre au moyen d'un petit tube qui entretient dans la boîte une affluence continuelle de vapeur. Cette vapeur coerce celle du cylindre qui tendait à s'échapper par en haut, et empêche tout refroidissement à l'orifice par où entre la tige, au moyen de quoi toute la vapeur contenue dans le cylindre conserve sa température et son ressort. Les Anglais nomment cette boîte *steam-box*, c'est-à-dire boîte à vapeur.

327. M. *Murray* a imaginé une manière très-convenable d'assembler le corps du cylindre avec son couvercle (Pl. IX

fig. 13). Il les met en contact l'un avec l'autre après les avoir passés au tour, et en disposant le rembourrage sur le dessus du cylindre, ce qui empêche la tige du piston de recevoir un frottement oblique qui provient presque toujours de ce que le couvercle porte un peu moins d'un côté que de l'autre.

328. A A, couvercle ou chapeau du cylindre; il est disposé de manière à entrer tout juste dans la partie alaisée du cylindre; — B B, anneau boulonné sur le rebord du cylindre; — C C, jointure sur laquelle on place une couche de papier, de chanvre, etc., pour empêcher la vapeur de s'échapper; — D D, anneau de renfort dans l'angle du rebord du cylindre, parce que cet endroit doit être affaibli par une entaille ou anneau circulaire destiné à recevoir le rebord du couvercle A A. Cette méthode d'ajuster le couvercle autour est préférable à la méthode ordinaire, et peut s'appliquer à toutes les parties de la machine.

329. M. *Robertson* de Glascow, réfléchissant à la quantité considérable de vapeur qui s'échappe sur les côtés des pistons les mieux ajustés, sans produire aucun effet mécanique pour accroître la force de la machine, chercha les moyens de remédier à cet inconvénient, et il obtint ce résultat en combinant deux cylindres à vapeur de différentes dimensions agissant ensemble pour produire un seul effet; la vapeur perdue par le piston de l'un, est employée pour agir sur le piston de l'autre.

330. M. *Robertson* a imaginé différentes manières ingénieuses de combiner les deux cylindres, elles sont décrites dans le tome 12 des *Annales des arts et manufactures*.

331. Dans les machines à vapeur les mieux construites, on a soin de renfermer le cylindre à vapeur dans une enveloppe de bois ou de toute autre substance peu conductrice du calo-

rique, dans l'intérieur de laquelle on introduit même quelquefois la vapeur comme moyen de réchauffement. La fig. 4 (Pl. IX) représente un cylindre à double paroi dont on se sert depuis quelque temps en Angleterre.

332. La détermination du diamètre intérieur du cylindre à vapeur comportait beaucoup d'incertitudes avant qu'on connût, par les expériences de M. *Dalton* et de M. *Bettancourt*, la force expansive de la vapeur à toutes les températures. Ces belles et utiles expériences nous donnent le moyen de fixer cette dimension avec une exactitude suffisante. Dans le calcul, il faut déduire de la hauteur de la colonne de mercure correspondante à la température de la vapeur qui doit agir sur le piston, la hauteur due à la force expansive de la vapeur de l'eau de condensation et de l'air raréfié qui s'en dégage, dont l'effort agit sur le piston en sens contraire de celui de la vapeur affluente de la chaudière. La température de cette vapeur est quelquefois de 40 degrés, et elle exerce une force expansive équivalente à une colonne de mercure d'environ 4 pouces de hauteur. Cette température, et par conséquent la réaction qui en résulte, éprouvent des variations dépendantes principalement de la saison où l'on se trouve; elle est plus considérable en été qu'en hiver, et le produit de la machine diminue à proportion.

333. Il faut aussi dans la détermination dont il s'agit, avoir égard à la perte occasionée par la solution de continuité dans le mouvement qui se renouvelle à chaque oscillation du balancier, et qui consomme une partie de l'effort du moteur. Ce déchet est plus ou moins considérable suivant la vitesse que la machine doit avoir, et suivant la grandeur des masses qui doivent être mises en mouvement. Il faut aussi avoir égard aux frottemens et autres résistances passives. On doit, dans le calcul, ajouter la

somme de ces résistances évaluées en poids, au poids qui représente l'effort à surmonter pour produire l'effet utile (*a*).

Des soupapes.

334. Dans les machines de M. *Murray* les soupapes éconductrices de la vapeur sont disposées de manière que la communication par les tiges traversant des réservoirs d'huile, l'air ne puisse entrer dans la machine et nuire à l'effet du vide. Ces soupapes sont ouvertes et fermées par un mouvement circulaire. Une telle méthode a sur celle du régulateur ordinaire les avantages de la douceur dans le mouvement, d'une plus grande régularité, et de prévenir les faux coups.

(*a*) M. *de Prony* a donné une formule très-simple pour calculer le rayon du cylindre à vapeur :

Soient x le rayon cherché,

Q, la somme des résistances rapportées à l'endroit où est le poids à élever, et évaluées en poids de même espèce ;

N, le poids à élever ou la résistance équivalente ;

h, la hauteur de la colonne de mercure qui représente la pression de la vapeur;

p, la pesanteur spécifique du mercure, qui est à celle de l'eau distillée comme 135,681 est à 10,000 ;

k, le rapport des vitesses virtuelles du piston du cylindre à vapeur et du poids à élever, donné par la construction de la machine ;

n, le nombre de fois que le rayon est contenu dans la circonférence ;

On a, par le principe des vitesses virtuelles $Q + N = \frac{1}{2} k p n h x^2$, d'où l'on tire $x = \sqrt{\frac{Q + N}{\frac{1}{2} k p n h}}$.

Il ne faut pas dissimuler, dit M. *de Prony*, que l'évaluation des quantités qui entrent dans Q, suppose jusqu'à un certain point la connaissance des dimensions de la machine, et par conséquent celle du rayon qu'on cherche ; mais, ajoute-t-il, elle pourra suffire en pratique, lorsqu'on s'en servira avec les précautions convenables.

335. Nous avons décrit (257) un robinet tournant très-ingénieux qui remplace avantageusement les quatre soupapes employées dans les machines ordinaires à double effet. Nous avons aussi fait connaître (247) l'invention non moins ingénieuse de M. *Martin*, connue sous le nom de *soupape à tiroir*. Il ne sera peut-être pas inutile d'indiquer deux autres organes analogues. Le premier, représenté fig. 12 (Pl. IX), est un grand robinet qu'on substitue aux soupapes; comme celui (257), sa forme est cylindrique, il a deux rebords *a* et *b*, l'un à sa partie supérieure, l'autre à l'inférieure; il est creux intérieurement. Un tuyau 1 traverse le robinet, et sert à introduire la vapeur dans la partie supérieure du cylindre; un semblable tuyau 2 l'introduit dans la partie inférieure; de simples ouvertures 3 et 4 laissent entrer la vapeur dans la cavité du robinet pour passer dans le condenseur.

336. Le second organe est une espèce de soupape à tiroir représenté fig. 15 et 16 (Pl. IX). Au grand cylindre à vapeur B est annexé un demi-cylindre A; deux ouvertures marquées 1, 2, servent de communication entre l'un et l'autre. Le demi-cylindre A en contient un autre *b* mobile et d'un plus petit diamètre; il est attaché à une tige *rcf*, et il a deux rebords 4 et 5 à ses deux extrémités; ces deux rebords, garnis d'étoupes, ferment exactement l'espace 3 3 qui environne le demi-cylindre mobile *b*. Le tuyau 5 sert de communication entre la chaudière et l'espace 3 3.

337. Supposons que le piston *m* s'élève poussé par la vapeur; lorsqu'il sera parvenu à un point déterminé, le mentonnet *p*, adapté à sa tige rencontrera un petit plateau *r* fixé sur la tige *rcf*, et il élèvera le demi-cylindre mobile. Alors l'ouverture 2 entièrement libre permettra à la vapeur qui se trouve au-dessous

du piston *m* de passer dans le condenseur; et le rebord 4 se trouvant au-dessus de l'ouverture 1, dont la largeur est égale à celle du diamètre de A, la vapeur contenue dans l'espace 3 3 affluera dans la partie supérieure du grand cylindre, pour obliger le piston *m* à descendre. En descendant le mentonnet rencontrera le plateau *f*, il fera descendre le demi-cylindre *b* jusqu'à ce que le rebord *s* soit descendu au-dessous de l'ouverture 2. Dans cet état de choses, la vapeur de la chaudière entre par l'ouverture 2, et celle qui se trouvait dans la partie supérieure du cylindre B, passe dans le condenseur en traversant le demi-cylindre *b*, qui à cet effet est creux.

338. Les fig. 8 et 9 (Pl. VIII) indiquent deux méthodes de disposer (dans les machines à double effet) les tuyaux et les boîtes à vapeur où sont placées les soupapes éconductrices. — *g*, tuyau par où la vapeur arrive pour se porter dans le cylindre.—*h*, tuyau de sortie de la vapeur pour se porter dans le réfrigérant. — *o*, soupape qui tour à tour favorise et intercepte l'entrée de la vapeur dans la partie supérieure du cylindre. — *d*, soupape qui ouvre ou ferme la communication entre la partie supérieure du cylindre et le condenseur. — *e*, soupape de communication entre la vapeur qui arrive de la chaudière et la partie inférieure du cylindre. — *f*, soupape de communication de cette partie inférieure du cylindre avec le condenseur. — *a* et *b*, tuyaux de communication des boîtes à vapeur avec le grand cylindre. Les soupapes *o* et *f* sont ouvertes à la fois; la première pour laisser entrer la vapeur dans la partie supérieure, la seconde pour faire passer dans le condenseur la vapeur qui se trouve en dessous du piston, tandis que les soupapes *d*, *e* sont fermées; de même les soupapes *d*, *e*, sont ouvertes simultanément, pendant que celles *o*, *f*, sont fermées.

339. Les fig. 20 et 21 (Pl. XXXVI) indiquent de quelle ma-

nière sont disposées les soupapes dans les boîtes à vapeur. L'axe horizontal *ab* porte dans l'intérieur de la boîte un levier *vv'*, correspondant à une entaille pratiquée à la queue *u* de la soupape ; lorsque l'axe *a b* fait une partie de révolution dans un sens ou dans l'autre, la partie *v'* engagée dans l'entaille, élève la soupape ou la laisse tomber alternativement. Une pièce immobile *y y* est placée derrière la queue de la soupape ; elle a une entaille carrée dans laquelle cette queue glisse en montant et en descendant, et qui empêche qu'elle ne vacille dans son mouvement.

340. Pour empêcher que l'axe *a b* n'ait du jeu dans le sens de sa longueur, on a pris les précautions suivantes : cet axe traverse une boîte de cuivre *n n* qui est fixe, et une partie de sa longueur engagée dans cette boîte a la forme conique ; une bride *f f m* est attachée à la pièce *n n*, et la tête *m* de cette bride sert d'écrou à une vis *h h ;* cette vis est terminée par une pointe qui vient presser contre l'extrémité extérieure de l'axe *a b*, et, en la serrant plus ou moins, on donne à la partie conique engagée dans *n n* le degré de pression nécessaire.

Pistons.

341. M. *Woolf* a construit en Angleterre des machines à forte pression qui ont une particularité bien remarquable; le piston, au lieu d'être en contact avec la vapeur aqueuse qui fond et dissout les graisses dont on l'imprègne, reçoit le mouvement par l'intermédiaire d'une colonne d'huile ou de tout autre corps gras peu évaporable, sur lequel la vapeur agit par pression. Pour cela, le cylindre où le piston se meut est enveloppé d'un cylindre plus gros avec lequel il communique et dans lequel on met l'huile qui, montant et descendant sans cesse dans le cylindre intérieur, le tient toujours lubrifié.

342. Les fig. 23 et 24 (Pl. XXXVI) représentent le piston d'une machine à vapeur.—*a a a a* est d'une seule pièce. L'espace cylindrique renfermé par *b b* est occupé par l'extrémité inférieure de la tige K K du piston qui y est retenu par une clavette : on voit au-dessus de la couronne *a a* un cercle ou rondelle *c c*, et c'est entre *a a* et *d d* qu'est contenue la filasse F F qui intercepte la communication de la vapeur d'une partie du cylindre à l'autre. Pour donner à cette filasse la compression et le gonflement nécessaires, on pose au-dessus de *a a a a* un plateau lié avec cette partie par des vis 1, 2, 3, etc.; et on emploie une quantité de filasse assez grande pour que le plateau posant sur le cercle, il y ait un intervalle entre ce plateau et la surface supérieure de *a a a a*. Cet intervalle peut être diminué en serrant les écrous des vis 1, 2, 3; et alors le cercle s'abaissant d'autant, comprime la filasse F F et la fait gonfler pour remplir plus exactement la capacité intérieure du cylindre à vapeur.

343. Nous avons indiqué (236) une autre espèce de piston qui paraît, sous quelques rapports, préférable à celui-ci.

Du réfrigérant ou condenseur.

344. Le condenseur ou réfrigérant est cette partie de la machine à vapeur qui produit les injections d'eau froide au moyen desquelles le vide s'établit dans une portion du cylindre par la condensation de la vapeur qui y était contenue. Un cylindre (Pl. VIII, fig. 1) est immergé dans une bâche constamment remplie d'eau froide; une branche du tuyau recourbé *j j'* entre dans l'intérieur de ce cylindre, et l'autre branche demeure au dehors. Ce tuyau ne doit donner d'autre issue à l'eau que l'ouverture extérieure *j* et l'extrémité intérieure *j'*. Au-dessus de l'ouverture *j* est une soupape *o* fixée à l'extrémité inférieure de la tige *r*, dont la partie supérieure taraudée tra-

verse un écrou à oreille fixé au-dessus du plancher de la bâche. En serrant ou desserrant cet écrou, on approche plus ou moins la soupape *o* de l'ouverture qu'elle pourrait fermer exactement, si elle était assez descendue pour cela. Cette ouverture *j* est comme on voit entièrement plongée dans la bâche. Au-dessus du cylindre X est adapté un tuyau Y: c'est dans ce tuyau que s'opère sans cesse la condensation. L'eau tend à jaillir par l'ouverture intérieure avec une vitesse due à une colonne d'eau qui aurait 32 pieds, plus la hauteur de l'eau dans la bâche au-dessus de l'ouverture, moins la hauteur d'une colonne d'eau équivalente à la petite force expansive qui exerce son action dans le condenseur; ainsi l'eau doit affluer en *j j'* avec beaucoup d'impétuosité; mais on peut diminuer à volonté la quantité de cette eau qui y entre, en rapprochant plus ou moins la soupape de l'ouverture *j*. Lorsque la condensation se fait, l'eau d'injection s'échauffe par son mélange avec la vapeur, et se trouve ordinairement à une température de près de 40 degrés. Il est donc nécessaire de l'évacuer et de la remplacer continuellement par de l'eau fraîche.

Pompes de service. Pl. VIII, fig. 1.

345. Les pompes de service fournissant l'eau nécessaire pour la condensation, ôtent de la bâche l'eau qui a déjà servi à la condensation, et qui, dans cette opération, a acquis un certain degré de chaleur; et enfin elles alimentent la chaudière et réparent continuellement les pertes que l'évaporation produit; elles y maintiennent l'eau toujours à un même niveau. A cet effet, on se sert de deux pompes, l'une aspirante et foulante *g* communique, au moyen d'un tuyau horizontal, avec le cylindre du condenseur. Le tuyau horizontal est muni d'une soupape qui livre passage à l'eau et à l'air de condensation lorsque le pis-

ton s'élève et que l'aspiration se fait dans le corps de pompe : cette soupape se referme ensuite pendant le passage de l'un et l'autre fluide au-dessus de ce piston, qui a lieu lors de son abaissement. L'eau et l'air de condensation sont ainsi élevés dans un récipient d'où part le tuyau nourricier de la chaudière. La hauteur du récipient doit être telle, que la colonne d'eau que l'on veut introduire dans la chaudière puisse y pénétrer malgré la résistance de la vapeur, comme nous l'avons dit (308). Le surplus de l'eau s'échappe par un tuyau latéral.

346. L'autre pompe *p*, simplement aspirante, sert à alimenter la grande bâche. Un ajutage à robinet est placé au bas de la bâche pour faire écouler l'eau à mesure qu'elle entre à la partie supérieure. On conçoit que l'immersion de la partie du condenseur, qui est échauffée par la vapeur, tend à faire hausser la température de l'eau de la bâche, ce qu'il faut éviter autant qu'on peut, vu que cette eau étant celle qui sert à la condensation, il est nécessaire que sa température passe beaucoup celle du réservoir que fournit la pompe, et qu'en conséquence elle soit renouvelée à mesure qu'elle s'échauffe.

347. Un petit tuyau est adapté à la partie inférieure de la pompe aspirante et foulante, et sort hors de la bâche. Ce tuyau s'appelle le reniflar, il sert à l'évacuation de l'air contenu dans le cylindre et dans toutes les parties qui communiquent avec lui, lorsque l'on veut mettre en action la machine.

348. M. *W. Hase* a proposé (*a*) un moyen d'alimenter la chaudière d'une machine à vapeur avec de l'eau presque aussi chaude que l'eau bouillante. Dans la plupart des machines à vapeur on emploie à cet usage une partie de l'eau provenant de la vapeur condensée; la température de cette eau n'est pas très

(*a*) *Repertory of arts*, septembre 1801.

élevée. On observe aux machines de Chaillot et du Gros-Caillou, que l'eau sortant du condenseur en hiver n'est qu'à 28°; dans les chaleurs moyennes, lorsque l'eau d'injection est à 12°, l'eau retirée du condenseur est à 39°; enfin, dans les grandes chaleurs de l'été, l'eau d'injection étant à 20°, celle qui sort du condenseur est quelquefois à 45°. Par le procédé de M. *W. Hase*, l'eau qui alimente la chaudière est chauffée à une température qui égale à peu près celle de l'eau bouillante, quoique le volume de l'eau d'injection soit suffisant pour produire un vide aussi parfait que dans toutes les autres machines à vapeur. Pour obtenir cet effet, M. *W. Hase* construit un petit réservoir qui doit être constamment rempli par l'eau chaude élevée par la pompe à air, et il force cette eau, à l'aide d'une petite pompe, de circuler dans des tubes disposés dans l'intérieur du tuyau qui conduit au condenseur. Par ce moyen, la vapeur, dans le trajet qu'elle fait pour aller se mêler à l'eau d'injection, s'applique nécessairement aux parois des tubes, leur communique une grande partie de sa chaleur, et échauffe l'eau qu'ils renferment presqu'à la température de l'eau bouillante. Un tuyau d'embranchement adapté aux tubes ci-dessus, à une hauteur convenable, sert à conduire dans la chaudière l'eau chaude qui doit l'alimenter.

349. La fig. 5 (Pl. IX) représente la coupe d'une machine à vapeur à double effet, avec les améliorations proposées par M. *W. Hase*. A A, grand cylindre dans lequel le piston se meut — O, P, boîtes à vapeur dans lesquelles la vapeur arrive de la chaudière par des tuyaux adaptés en O et P et qui ne sont pas représentés dans la figure. Elles contiennent chacune deux soupapes B C et *b c* qui s'ouvrent et se ferment à l'aide du mécanisme ordinaire et de la poutrelle. — *d d*, est le passage qui conduit au condenseur D D terminé en H par la pompe à

air. — E F G, sont les parties ajoutées par M. *W. Hase*. — *f* G, petit réservoir dans lequel est versée l'eau chaude élevée par la pompe à air. Il est entretenu constamment plein, et est muni d'un dégorgeoir de superficie. — E, petite pompe qui élève une partie de cette eau dans les tubes F F; ces tubes sont placés dans l'intérieur du passage qui conduit la vapeur au condenseur, et ils ont ainsi leur surface extérieure en contact avec la vapeur chaude qui se précipite dans le condenseur. — N, tuyau d'embranchement qui conduit l'eau alimentaire dans la chaudière; il est adapté assez bas au-dessus du coude M pour que la pression de la colonne d'eau surpasse celle de la vapeur, et qu'elle puisse s'introduire dans la chaudière.

350. Si l'on suppose la machine en action, la soupape *b* dans la boîte à vapeur inférieure étant ouverte, et celle *c* étant fermée, la soupape B sera fermée dans la boîte supérieure, et la soupape C sera ouverte; alors la vapeur venant de la chaudière, passera par *b* sous le piston, pendant que la vapeur qui occupe la partie supérieure du cylindre communiquera par le tuyau *d d* D D avec le condenseur, où il se fait une injection continuelle, et se condensera. Le piston sera donc poussé de bas en haut par la force élastique de la vapeur qui est au-dessous. Quand il sera parvenu près du sommet du cylindre, les soupapes *b* et C se fermeront, celles B et *c* s'ouvriront, la vapeur de la chaudière entrera par L dans le cylindre, au-dessus du piston, et celle au-dessous passera dans le condenseur où elle se condensera, et le piston sera forcé de descendre. Quand la descente du piston sera achevée, les soupapes reprendront leur première position, et le piston s'élèvera de nouveau.

351. La pompe H est mise continuellement en mouvement par la machine, et elle épuise l'eau d'injection échauffée par la vapeur condensée, ainsi que les fluides élastiques permanens

qui se dégagent de l'eau. Cette eau chaude, au lieu d'être conduite aussitôt dans la chaudière, est versée dans le petit réservoir G, et élevée en partie par la petite pompe E dans les tubes F F M, où elle s'échauffe par le contact des vapeurs qui s'appliquent sur les parois de ses tubes, dont on peut augmenter la surface en les contournant en hélices, et parvient à une température qui approche beaucoup de celle de l'eau bouillante. Il en résulte nécessairement, 1°. que la vapeur, étant déjà dépouillée en partie de sa chaleur avant d'entrer dans le condenseur, échauffera d'autant moins l'eau d'injection, et le vide sera plus parfait; 2°. l'eau de la chaudière ne sera point, ou sera beaucoup moins refroidie par l'introduction continuelle de l'eau qui sert à l'alimenter, et l'on pourra employer moins de combustible pour produire, dans les mêmes circonstances, une quantité déterminée de vapeur.

352. *Indication d'ouvrages sur les machines à vapeur.*

Papin, *Nouvelle manière d'élever l'eau par la force du feu.* Cassel, 1707, in-fol.

Haris, *Lexicon technicum.* London, 1708, 2 vol.

Desaguilliers, *Cours de physique expérimentale.*

Leupold, *Theatrum machinarum.*

Bélidor, *Architecture hydraulique.*

Bossut, *Hydrodynamique.*

Cambray, *Description d'une machine à feu pour les salines de Castiglione*, Parme, 1766, in-4°.

Poda, *Description des machines établies pour l'exploitation des mines à Schemintz*, 1771.

Blakey, *Observations sur les pompes à feu.* Amsterdam, 1774, in-4°.

Recueil des machines approuvées par l'Académie.

Prony, *Nouvelle architecture hydraulique.*

Repertory of arts and manufactures, première et seconde séries.

Nicholson's, *Journal.*

Bibliothéque britannique.

Philosophical magazine, by Tilloch.

Transactions philosophiques.

Le recueil des machines publié par la Société d'encouragement de Londres.

Le Bulletin de la Société d'encouragement de Paris.

Les Annales des arts et manufactures.

Nouveaux mémoires de la Société batave *pour les connaissances utiles, établie à Rotterdam*, premier volume.

Biot, *Traité de physique.*

Journal des mines.

Hachette, *Traité élémentaire des machines.*

Guenyveau, *Essai sur la science des machines.*

CHAPITRE VI.

Du vent.

353 et 354. Le vent n'est autre chose qu'un air agité, une portion de l'atmosphère qui se meut comme un courant avec une certaine vitesse et avec une direction déterminée.

Les lecteurs, curieux de connaître les causes principales de

ce météore, les détails historiques de toutes les espèces de vents qui soufflent dans les diverses contrées du globe, les résultats des diverses observations météorologiques faites en divers lieux au moyen de l'anémomètre, pourront consulter l'*Histoire naturelle de l'air et des météores*, par l'abbé *Richard*, tome 6; l'*Histoire naturelle de Buffon*, l'*Essai de physique de Musschembroeck, trad. de Massuet*, tome 2; un *Mémoire de M. Le Roy*, parmi les *mémoires de l'Académie* pour l'année 1751; le *Traité de météorologie de Cotte*; un *Mémoire de Lambert sur les observations du vent*, parmi les *mémoires de* Berlin pour l'année 1777.

Force et vitesse du vent.

355. L'*Annuaire* publié par le bureau des longitudes, pour l'année 1818, donne la table suivante de la force des vents.

Vitesse par seconde,	par heure.	
0$^{mèt.}$, 5	1800$^{mèt.}$	vent à peine sensible.
1, 0	3600	sensible.
2, 0	7200	vent modéré.
5, 5	19800	vent assez fort.
10, 0	36000	vent fort.
20, 0	72000	vent très-fort.
22, 5	81000	tempête.
27, 0	97200	grande tempête.
36, 0	104400	ouragan.
45, 0	162000	ouragan qui renverse les édifices et qui déracine les arbres.

356. La vitesse la plus convenable pour le travail des moulins à vent est de 6 à 9 mètres par secondes.

357. Avec un vent de cette force les moulins à vent des environs de Paris, lesquels sont à rotation verticale et portent

quatre ailes, dont chacune a environ 11 mètres de longueur sur 2 mètres de largeur, produisent, suivant M. *Hachette*, l'effet suivant. Un moulin en 24 heures moud quatre setiers de blé, et donne à la farine la préparation convenable pour en faire le pain blanc. Ce travail, dit M. *Hachette*, équivaut à celui de 28 hommes à raison de 7 hommes par setier; et, d'après cette donnée, il évalue l'effet dynamique du vent, sur la supposition qu'un homme en 24 heures élève 111 mètres cubes d'eau à un mètre de hauteur : il en conclut qu'un moulin à vent élèverait 3108 mètres cubes à la même hauteur.

358. *Euler* (*a*) cite quelques expériences faites en Hollande et dont les résultats lui avaient été communiqués par *Lulofs*, professeur de l'Université de Leyde. D'après ces expériences, un moulin dont chacune des ailes avait 43 pieds de longueur et 5 pieds $\frac{1}{2}$ de large, était capable d'élever par minute 1500 pieds cubes d'eau à la hauteur de 4 pieds, la vitesse du vent étant d'environ 30 pieds par seconde; l'inclinaison des ailes sur la direction du vent variait entre leurs extrémités; leur inclinaison moyenne était de 73 degrés. On avait remarqué dans ces expériences, que l'effet de ces moulins était à peu près proportionné au carré des vitesses du vent.

359. *Sméaton* (*b*) a fait plusieurs expériences pour déterminer les effets des moulins à vent, et la meilleure forme qu'il convient de donner aux ailes; il se servit à cet effet d'un modèle de moulin à vent qu'il faisait tourner avec plus ou moins de vitesse par des poids suspendus à un cordon enroulé autour de l'axe du volant. Il appliqua successivement à cet appareil des ailes de formes différentes, et différemment inclinées.

(*a*) *Mémoires de l'Académie de Berlin*, an 1756, page 169.

(*b*) *Traduction des expériences de* Sméaton *par M.* Girard.

Il y fit adapter des ailes inclinées, 1°. sous un angle de 55° sur la direction du vent; 2°. sous un angle de 72 à 75°; 3°. il fit varier l'inclinaison de leurs élémens transversaux, suivant la loi indiquée par un théorème de *Maclaurin* (*a*); 4°. il la fit varier suivant la méthode hollandaise; 5°. en conservant cette dernière inclinaison, il élargit les ailes à leur extrémité de manière à leur donner la figure d'un trapèze; 6°. enfin il substitua aux quatre ailes que l'on emploie ordinairement, huit secteurs d'ellipse qu'il inclina sous l'angle le plus favorable.

360. Ses expériences lui apprirent que, conformément à la théorie, les ailes planes inclinées sous un angle de 55 degrés recevaient à la vérité la plus grande impulsion du vent, lorsqu'elles étaient en repos, mais qu'elles produisaient le moindre effet lorsqu'elles étaient en mouvement. Il reconnut que la forme la plus avantageuse était celle dont les élémens extrêmes sont inclinés sur le plan du mouvement de 70°, 30', et de 22°, 30'. Le rapport de la puissance à l'effet était celui de 10 à 9,2. Cette expérience confirme la théorie d'*Euler* (*b*).

361. *Sméaton* a reconnu ensuite, 1°. qu'une variation d'un degré ou deux dans l'angle d'inclinaison des ailes ne produit qu'une légère différence dans l'effet, quand l'angle approche d'être le plus avantageux possible; 2°. que, lorsque le vent agit sur une surface concave, il résulte de cette disposition un avantage pour la puissance de l'aile considérée dans toute son étendue, quoique chacune de ses parties, prise séparément, ne soit pas elle-même disposée de la manière la plus avantageuse; 3°. qu'une aile plus large doit être inclinée sous un angle

(*a*) *Traité des fluxions*, tome 2.

(*b*) Euler, *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour l'année 1752 et 1756. — *Nouveaux commentaires de Pétersbourg*, pour 1752.

plus grand, et que, lorsqu'elle est plus large à son extrémité que près du centre, elle présente une forme plus avantageuse que si elle était parallélogramique; 4°. que, dans le cas où le cylindre de vent est totalement intercepté par les ailes, il ne produit pas le plus grand effet, parce qu'il manque d'issue convenable pour s'échapper après avoir exercé son action.

362. *Sméaton* a observé que le rapport qui existe entre la vitesse des ailes lorsqu'elles ne sont point chargées, et leur vitesse quand elles sont chargées du poids correspondant au *maximum* d'effet, est en général celui de 3 à 2, à peu près; et que le rapport entre la plus grande charge que les ailes peuvent soutenir sans s'arrêter, ou, ce qui est la même chose, entre le moindre poids capable de les arrêter, et la charge correspondante au *maximum* d'effet, est à peu près comme 6 à 5.

363. Il a enfin déduit de ses expériences les règles suivantes:

1°. La vitesse des ailes d'un moulin non chargé ou chargé au *maximum* d'effet, est proportionnelle à la vitesse du vent, la figure des ailes et leur inclinaison étant les mêmes.

2°. Le poids correspondant au *maximum* d'effet est un peu moindre que proportionnel au carré de la vitesse du vent, la forme et la position des ailes restant les mêmes.

3°. Les effets des mêmes ailes, lorsqu'elles produisent le *maximum* d'effet, sont un peu moindres que proportionnelles au cube de la vitesse du vent.

4°. La charge des mêmes ailes corespondante au *maximum* d'effet est à peu près comme le carré, et leur effet comme le cube du nombre de leurs révolutions dans un temps donné.

5°. Quand les ailes sont chargées de manière à donner un *maximum* d'effet sous une vitesse donnée, et que celle du vent vient augmenter, la charge restant la même, 1°. l'accroissement d'effet, celui de la vitesse étant supposé faible, sera à peu près

comme le carré de cette vitesse; 2°. quand la vitesse du vent sera double, les effets seront à peu près comme 10 à 27 $\frac{3}{4}$; 3°. quand les vitesses comparées seront plus que doubles de celle sous laquelle le poids donné produit un *maximum*, les effets croîtront à peu près dans le rapport simple de la vitesse du vent.

6°. Lorsque les ailes sont semblables de figure et de position, le nombre de leurs révolutions, en un temps donné, est réciproquement proportionnel à leur longueur.

7°. La charge au *maximum* d'effet que des ailes semblables de figure et de position sont capables de supporter à une distance donnée du centre de mouvement, sera comme le cube du rayon.

8°. L'effet des ailes de position et de figure semblables, est proportionnel au carré du rayon.

9°. La vitesse de l'extrémité des ailes *hollandaises*, ainsi que des ailes *élargies*, soit qu'on les suppose non chargées ou chargées au *maximum* d'effet, est considérablement plus rapide que la vitesse du vent; cette extrémité se meut 3 fois $\frac{3}{10}$ plus vite.

364. Les praticiens ont observé, dit *Sméaton*, que, quand les ailes hollandaises, placées à l'ordinaire, faisaient 13 révolutions par minute, les moulins auxquels elles étaient appliquées effectuaient un travail moyen, et alors la vitesse du vent est de 12 pieds $\frac{1}{3}$ par seconde.

365. *Sméaton*, en appliquant les résultats de ses expériences au calcul de l'effet d'un moulin garni de quatre ailes hollandaises de 30 pieds de long, avec un vent de la force de 12 pieds et $\frac{1}{3}$ de vitesse par seconde, a reconnu qu'il équivalait à la force de dix hommes et à celle de dix-huit, lorsque ces ailes sont élargies. Il a eu occasion de vérifier que ces calculs ne sont pas pure-

ment spéculatifs, et sont susceptibles d'être appliqués avantageusement à la pratique. En effet, dans un moulin à huile dont les ailes élargies avaient 30 pieds de rayon, et faisaient tourner deux meules verticales qui écrasaient de la graine de navette, il a observé que, quand les ailes faisaient 11 révolutions par minute, cas dans lequel la vitesse du vent doit être d'environ 13 pieds par seconde, les meules faisaient sept tours par minute, tandis que deux chevaux, employés pour les faire mouvoir, ne leur faisaient faire à peine que 3 tours ½ dans le même temps. Enfin, continue-t-il, on s'est assuré de la supériorité réelle des ailes élargies sur les ailes hollandaises ordinaires, non-seulement dans les circonstances où elles ont été appliquées à des moulins neufs, mais encore dans les circonstances où elles ont été substituées à des ailes d'ancienne construction.

366. *Sméaton*, en comparant les moulins horizontaux aux moulins verticaux, fait observer qu'on ne doit point être surpris, si les premiers n'ont réellement que la huitième ou la dixième partie de la puissance des verticaux, ce dont on est assuré par les tentatives qui ont été faites. Ce désavantage dépend de ce que, dans un moulin horizontal, il n'y a qu'un peu plus d'une voile sur laquelle le vent agisse, tandis que, dans les moulins à vent ordinaires, le vent agit contre les quatre ailes en même temps. Supposant donc chaque aile d'un moulin à vent horizontal, de même dimension que chacune des ailes d'un moulin à vent vertical, il est manifeste que la puissance d'un de ces derniers, composé de quatre ailes, sera quatre fois plus grande que la puissance d'un moulin horizontal, quel que soit le nombre de ses ailes. De plus les ailes postérieures éprouvent nécessairement une difficulté à se mouvoir contre le vent.

367. Les moulins à vent connus peuvent être distribués en quatre genres, 1°. moulins à rotation verticale et à voiles qua-

drilatères, 2°. moulins à rotation verticale et à voiles triangulaires, 3°. moulins à rotation horizontale, 4°. moulins à mouvement alternatif.

GENRE PREMIER. — **Moulins à rotation verticale et à voiles quadrilataires.**

368. Ce genre de moulins à vent, quoique le plus anciennement connu, est encore celui qui mérite la préférence sur tous les autres par sa solidité, par sa simplicité, par sa manœuvre plus facile et plus sûre, enfin par plus de régularité dans le mouvement, et par un effet utile plus abondant, à parité de circonstances.

Ce genre se subdivise en deux espèces, 1°. moulins dont le toit seul est mobile, 2°. moulins dont le corps de l'édifice est mobile.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Moulins dont le toit seul est mobile*, Planche XII, fig. 3 et 4.

369. Le corps de l'édifice, dans cette espèce de moulins, est une tour en maçonnerie ou bien en charpente. Si cette tour est en charpente, elle a ordinairement une base octogone plus large dans le bas que dans le haut, et elle a la figure d'un tronc de pyramide. Huit fortes pièces verticales partent des angles de l'octogone, sont liées entre elles par trois ou quatre rangs de pièces horizontales et par des *croix de Saint-André* butant les unes contre les autres. Les pièces horizontales supportent les poutres des planchers. Des planches placées à recouvrement l'une au-dessus de l'autre forment le revêtement extérieur de la tour. Elles devraient être travaillées à la varlope et goudronnées pour mieux résister aux injures du temps.

370. La tour dont nous venons de parler s'élève quelquefois

au-dessus d'un corps de bâtiment dans lequel on dispose les machines qui doivent être mues par le moulin à vent placé sur cette tour. On en voit un exemple dans la fig. 4, qui représente l'extérieur d'une scierie hollandaise. On doit établir dans le pourtour de la tour une plate-forme circulaire accessible, où l'on puisse manœuvrer la queue du moulin destinée à l'orienter, comme nous l'indiquerons bientôt.

371. L'organe d'un moulin à vent qui reçoit l'impulsion du vent, se nomme *volant*. Il est composé de plusieurs pièces; savoir, d'un arbre tournant, incliné à l'horison de huit à dix degrés, et d'un certain nombre d'ailes.

372. Voici le détail des mesures moyennes des volans des moulin à vents établis en Flandre, et principalement auprès de la ville de Lille, où il y en a une très-grande quantité, qui élèvent des pilons pour broyer les graines de colza, et en extraire l'huile, et qui servent à la mouture.

Les volans ont, d'une extrémité d'une aile à l'extrémité de l'aile opposée, une longueur de 76 pieds; la largeur de l'aile est d'un peu plus de six pieds dont cinq sont formés par une toile attachée sur un châssis, et le pied restant par une planche très-légère; la ligne de jonction de la planche et de la toile, forme, du côté frappé par le vent, un angle sensiblement concave au commencement de l'aile, et qui allant toujours en diminuant, s'évanouit à l'extrémité de l'aile. La pièce de bois qui forme le bras et sontient le châssis, est placée derrière cet angle concave. La surface de la toile forme une surface courbe; mais les constructeurs de moulins, dit *Coulomb* (*a*), n'ont aucune règle fixe dans le tracé de cette courbure, quoiqu'ils la regardent

(*a*) Coulomb, *Memoires de l'Académie* pour l'année 1781.

comme le secret de l'art; il a paru à cet auteur que le plus généralement l'on s'éloigne peu de la vérité, en supposant la surface de l'aile, composée de lignes droites, perpendiculaires au bras de l'aile à six pieds de l'arbre : ces lignes droites formeraient avec l'axe de l'arbre un angle de 60°, et à l'extrémité de l'aile, cet angle serait de 78 à 84 degrés; en sorte qu'il augmente de 78 à 84, à mesure que l'axe de rotation est plus incliné à l'horizon. Cependant le pan gauche qui formerait l'aile, d'après cette description, n'est pas encore exact, et, au lieu d'être terminé par une ligne droite; il l'est ordinairement dans le côté, sous le vent, par une ligne courbe dont la plus grande concavité est de deux ou trois pouces.

L'arbre tournant et auquel les ailes sont fixées, s'incline à l'horizon entre 8 et 15 degrés.

373. *Coulomb*, en examinant l'effet de ces moulins, fit une observation intéressante; c'est qu'avec un vent moyen que l'on peut estimer de 18 à 20 pieds par seconde, plus de cinquante moulins placés à un quart de lieue de Lille, dans la même exposition, produisaient à peu près la même quantité d'effet, quoiqu'il y eût plusieurs petites différences dans la construction de ces moulins, soit relativement à la disposition des ailes, soit relativement à l'inclinaison de l'axe de rotation; de cette observation l'on peut, ajoute *Coulomb*, tirer une conclusion bien intéressante, c'est qu'il est probable qu'à force de tâtonnement, la pratique s'est très-rapprochée du degré de perfection; car, si l'on cherchait par les règles de *maximis et minimis* (quelle que soit la formule qui exprimerait l'effet d'un moulin) quel devrait être le rapport de toutes les quantités variables qui la composent, pour que cet effet fût un *maximum*, on trouverait, d'après les principes fondamentaux de ce calcul, qu'en faisant varier dans cette formule une ou plusieurs indéterminées, la

variation de l'effet devrait toujours être supposée égale à zéro, ou, ce qui revieut au même, que, quoique l'on fît varier un peu les différentes parties de la machine, l'effet resterait toujours constant. Or on trouve ici que, quoique les constructeurs des moulins varient entre eux dans la disposition des ailes, l'effet, avec un vent moyen est toujours constant. Ainsi, il est probable que les parties en sont disposées de manière qu'elles produisent à peu près le *maximum* d'effet.

374. Voici maintenant une série d'observations que *Coulomb* a faites sur ces moulins.

Il observait et mesurait la vitesse du vent avec des plumes très-légères que ce vent entraînait; deux hommes placés sur une petite élévation, dans la direction du vent, et à 150 pieds l'un de l'autre, observaient le temps que cette plume employait à parcourir les 150 pieds.

1°. Le vent parcourant 7 pieds par seconde, lorsque le moulin est libre, et lorsqu'aucun des pilons n'est élevé, les ailes du moulin font cinq tours et demi par minute; mais, en mettant un seul pilon, pesant mille vingt livres, en action, et frappant deux coups de 18 pouces de hauteur à chaque tour d'aile, le moulin fait à peine trois tours par minute.

2°. Le vent parcourant 12 à 13 pieds par seconde, les ailes font sept à huit tours par miuute, et il n'y a que deux pilons de mille vingt livres et un pilon de cinq cents livres qui soient en action: avec ce degré de mouvement, le moulin ne peut fabriquer qu'une tonne ou 200 livres d'huile en 24 heures.

3°. Le vent parcourant 20 pieds par seconde, les ailes font 13 tours dans une minute, cinq pilons de 1020 livres chacun sont mis en action, ainsi qu'un pilon de 500 livres: les quatre ailes du moulin portent toute leur voilure, et l'on fabrique

trois tonnes et demie d'huile en 24 heures: ce degré de vitesse dans le vent est celui qui paraît convenir le mieux à cette machine, c'est au moins celui que le conducteur préfère; il n'est pas forcé de travail: ce vent souffle ordinairement avec une vitesse assez uniforme; le moulin porte toute sa voilure sans crainte d'accident, et sans que les liaisons de la charpente soient trop fatiguées.

4°. Le vent souffle avec force, parcourt 28 pieds par seconde; les conducteurs des moulins sont obligés de serrer six pieds de voile à l'extrémité de chaque aile; l'aile fait 17 à 18 tours dans une minute, et le moulin fabrique près de cinq tonnes en 24 heures; les cinq pilons de 1020 livres, ainsi qu'un pilon de 500, sont en action.

5°. Les moulins à blé, dont l'engrenage est disposé de manière que la meule fasse cinq tours dans le temps que l'axe n'en fait qu'un, ne commencent à tourner que lorsque la vitesse du vent est de 18 pieds par seconde; les ailes du moulin font onze ou douze tours par minute, et ces moulins peuvent moudre, sans bluter, de huit à neuf cents livres de blé par heure; l'on doit remarquer qu'avec ce degré de vent, les moulins à huile font également de onze à douze tours par minute; en sorte que, dès que l'on aura calculé pour un vent de 18 pieds par seconde, la quantité d'effet que produit un des moulins à huile dont le travail a été indiqué précédemment, l'on évaluera très-facilement le *momentum* de la résistance de la meule qui broie le grain.

6°. Lorsque le vent a 28 pieds de vitesse par seconde, les ailes des moulins à blé portant toute leur voilure font souvent jusqu'à 22 tours par minute, et peuvent moudre jusqu'à 1800 livres de farine par heure. Quelquefois les meuniers font tra-

vailler leur moulin avec cette vitesse, malgré le degré énorme de chaleur que la farine contracte en sortant de dessous la meule : ils sont cependant obligés pour lors de changer de temps en temps l'espèce de grain qu'ils soumettent à la mouture, pour rafraîchir, disent-ils, la meule.

Coulomb, d'après un relevé fait du travail des moulins à huile en question, plusieurs années de suite, a trouvé que chacun d'eux fabriquait, année moyenne, 400 tonnes d'huile.

375. Les Hollandais, dit M. *Mollard*, dans un mémoire qu'il a rédigé sur les moulins à vent propres au sciage des bois, les Hollandais, si propres et si recherchés dans la construction de leurs bâtimens, ne le sont pas moins dans celle de leurs moulins à vent. Quiconque a vu ceux des environs de Paris et les compare aux leurs, croit passer d'un pays barbare dans un pays policé. Simplicité, élégance, économie et solidité, tels sont les principes qui les dirigent toujours.

376. Ils préfèrent les moulins qui n'ont de mobile que la calotte qu'on fait tourner au moyen de la queue *q*, quoique les frais de construction en soient plus considérables. Le corps du bâtiment est fixe. Une galerie G G est pratiquée tout autour du moulin à la hauteur de quatre ou cinq mètres ; on y monte pour mettre les ailes au vent, et lorsqu'on veut ployer ou déployer les toiles de ces mêmes ailes. Le fût du moulin est une espèce de conoïde à huit faces, qui commence à la galerie et se termine par un cercle L K de six mètres de diamètre, sur lequel la calotte tourne ; des rouleaux de fer ou de cuivre facilitent le mouvement. L'arbre de la grande roue est incliné de cinq à six degrés par rapport à l'horizon, et tourne sur des paliers de marbre. Les collets A A sont garnis alternativement de bandes de fer et de bois ; on a soin d'y mettre de l'huile.

Tous les engrenages sont en bois, et vont très-bien; les alluchons sont carrés, et un peu inclinés en arrière.

Les ailes Y sont fixées à l'extrémité et à l'extérieur du grand arbre, dans un plan qui lui est perpendiculaire, et suit par conséquent la même inclinaison que lui. Ces ailes ont 13 mètres 64 centimètres de long, sur 2 mètres 11 centimètres de large. Il n'y a de la toile que d'un côté, elle ne commence qu'à un mètre et demi ou deux mètres de l'axe. L'autre côté du bras porte une planche de 32 centimètres de largeur. La surface de l'aile est donc 13, 64, multiplié par 2, 11 ou 78,804 mètres carrés.

377. Ces mêmes ailes sont inclinées par rapport à la direction du vent, de 117 degrés pris à la distance moyenne de l'axe; à partir de ce point, cet angle augmente à mesure qu'on approche du centre, et il diminue en allant vers l'extrémité de l'aile, où il est presque droit; en sorte que les ailes forment des surfaces gauches. L'expérience a conduit les charpentiers hollandais à ce résultat.

378. Suivant le calcul de M. *Mollard*, en supposant la vitesse moyenne du vent de 9 mètres 74 centimètres par seconde, et la masse d'un pied cube d'air (0,034277) égale à 42 grammes 220 milligrammes (ou 795 grains), l'effort d'un vent ordinaire pour faire tourner les volans équivaut à un poids de 244 kilogrammes; si l'on applique cette force au centre de percussion des ailes, c'est-à-dire à l'extrémité d'un bras de levier de 8 mètres 44 centimèt., on a 6357 kilogrammes pour la force de rotation de la grande roue.

379. La Hollande et la Belgique, pays extrêmement plats, ont, sous ce rapport, singulièrement favorisé l'établissement des machines mues par le vent. Cette puissance si variable dans les mon-

tagnes, l'est infiniment moins dans la plaine; aucun obstacle ne dérange la régularité de son cours; son effet est presque constant. De là résulte un travail plus uniforme et plus avantageux.

Cette disposition du terrain est encore favorable sous un autre point de vue. On a pu pratiquer des canaux dans toutes les directions possibles. Par ce moyen, les arrivages sont aisés et peu dispendieux. Les moulins à planches sont ordinairement placés à portée de quelques-uns de ces canaux ou de quelque rivière. Les bords du Rhin depuis son entrée en Hollande jusqu'à sa disparition dans les sables, en sont couverts.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Moulins dont le corps de l'édifice est mobile.* Pl. XII, fig. 1 et 2.

380. Les figures 1 et 2 de la Planche XII représentent un des moulins des environs de Paris. Ce moulin est composé de deux parties, dont l'une fixe est en maçonnerie, l'autre est en bois entièrement mobile. La partie fixe A B a extérieurement la forme d'un cylindre terminé par un cône : un très-fort pivot vertical est placé au centre de cette partie; il est supporté par quatre fortes poutres qui se croisent, et il est contre-buté par des jambes de force. C'est sur le pivot que repose la artie mobile C D E F, laquelle contient tout le mécanisme du moulin.

Le volant G G G G est construit de la même manière que celui de l'espèce précédente. Le levier L L sert à orienter le moulin.

La fig. 8 (Pl. XII,) représente un volant dont les ailes ont la forme d'un trapèze, forme que *Sméaton* affirme être la plus avantageuse.

GENRE DEUXIÈME. — Moulins à rotation verticale et à voiles triangulaires.

381. Ce genre de moulins (Pl. XII, fig. 9) est connu sous le nom de *moulins à la portugaise*. Les voiles ne sont point assujetties dans des ailes à échelons comme dans le genre précédent, mais elles ont un de leurs côtés attaché à un rayon 1 du volant qui leur sert de vergue, et la pointe opposée de la voile est attachée à l'extrémité d'un autre rayon 2 plus éloigné, de manière que cette voile étant bien tendue, forme un plan triangulaire, incliné de 30 à 40 degrés avec le plan de rotation du volant. Cette disposition du volant présente de graves inconvéniens : 1°. l'axe A B du volant ayant au dehors une saillie excessive, fatigue considérablement les points d'appui intérieurs, augmente le frottement, et tend à rompre l'axe au collet 4. 2°. La manœuvre des voiles exige une quantité de cordages et de poulies qui, devant être renouvelés fréquemment, rendent l'entretien de la machine très-couteux. 3.° Les voiles ne pouvant jamais être parfaitement tendues, forment une surface courbe qui reçoit l'impression du vent d'uue manière très-désavantageuse.

On voit plusieurs moulins de ce genre dans les environs de Lisbonne; ils sont placés sur des tours en maçonnerie.

GENRE TROISIÈME. — Moulins à rotation horizontale.

382. L'expérience a démontré que les moulins verticaux reçoivent le choc du vent d'une manière bien plus avantageuse que ceux qui tournent horizontalement. Ce motif les a fait généralement préférer, quoiqu'ils aient l'inconvénient d'exiger l'action subsidiaire d'un ou de plusieurs hommes, pour être *orientés* à chaque mutation de vent, et que les volans horizontaux aient la propriété de s'orienter spontanément.

383. L'inconvénient indiqué devient très-léger toutes les fois que le travail de la machine mise en action par le vent est d'une telle nature qu'une surveillance continuelle lui soit nécessaire : dans ce cas le même homme qui dirige et surveille ce travail, oriente le volant lorsqu'il le faut, et sans surcroît de dépense. Mais s'il s'agit d'une machine dont l'action n'ait aucun besoin d'être dirigée, et qu'on puisse impunément abandonner à elle-même, alors l'inconvénient qu'ont les moulins verticaux devient plus grave, et peut, en bien des occasions, faire préférer les horizontaux.

384. Les moulins à vent destinés à élever l'eau pour les besoins de l'agriculture, réalisent spécialement cette dernière supposition. Dans ces moulins, la régularité de l'action n'est d'aucune importance; leurs qualités essentielles doivent être solidité, simplicité et économie d'entretien. C'est surtout à cette sorte de machines que sont applicables les moulins horizontaux.

385. On a imaginé plusieurs espèces de moulins horizontaux, mais trois seulement ont pu être employées avec quelque utilité; ce sont les moulins à ailes mobiles, les moulins à paravens fixes, et les moulins à paravent mobile.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Moulins à ailes mobiles*. Pl. XII, fig. 5, 6 et 7.

386. Ils sont connus vulgairement sous le nom de *moulins à la chinoise*; leurs ailes sont disposées de manière que chacune d'elles a un mouvement de rotation indépendant de celui du volant entier. Par ce mouvement, les ailes qui sont d'un côté de l'axe peuvent s'ouvrir et ne présenter aucune résistance au vent, tandis que celles du côté opposé reçoivent le choc sur toute leur surface. Les volans ainsi construits manquent de

solidité, se détraquent facilement, exigent de fréquentes réparations, et ont le défaut de produire, par l'ouverture et la fermeture des ailes, des chocs multipliés nuisibles au bon effet de la machine.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Ailes mobiles dans des châssis*. Pl. XII, fig. 7.

387. *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, est une roue formée par six cadres ou châssis insérés dans l'arbre A. — 1, 2, 3, 4, 5, 6, sont les ailes mobiles qui sont placées dans leurs châssis respectifs, de manière à ce qu'ils soient partagés en deux parties inégales par l'axe de rotation ou pivot. La construction des châssis est telle, que les ailes peuvent s'ouvrir d'un seul côté, et de l'autre elles trouvent un rebord qui les arrête. Ainsi, quelle que soit la direction du vent, les ailes du côté M s'ouvriront en tournant, tandis que celles du côté N se fermeront.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Moulins à ailes mobiles verticales*. Pl. XII, fig. 5 et 6.

(*a*) 388. Cette construction a été proposée par M. *Huguet* de Mâcon. Au centre d'une tour ronde, et dont le toit est conique, est placé un arbre vertical A. Au-dessus du faîtage traversé par l'arbre, sont ajustés six bras ou grands leviers horizontaux B B insérés dans l'arbre, au sommet duquel est une forte frête en fer I, portant six anneaux auxquels tiennent les tringles en fer pour soutenir les bras comme ceux d'un jeu de bague. A chacun des bras est suspendu un châssis C D garni de toile, pour recevoir le vent et communiquer le mouvement à une meule ou à un autre organe mécanique quelconque. Ces châssis, suspendus un peu au-dessus du centre de gravité, se maintiennent dans une position verticale lorsque le vent frappe

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 24.

leur face antérieure, et prennent une position horizontale lorsque le vent frappe la partie postérieure. La fig. 10 montre la manière dont les châssis sont suspendus aux bras. — A, est le bras vu par le bout. — B, un cercle de fer portant un œil C, dans lequel tourne un tourillon. Si le vent souffle de T en S, la partie supérieure D du châssis s'appuie contre le bras, et le châssis reste dans la position verticale *n n*; il reçoit alors toute l'action du vent. Si, au contraire, le vent souffle de S en T, le châssis cède et prend la position horizontale ou presque horizontale *o o*.

Or, dans la disposition de ces châssis, la moitié recevra le vent par-devant et l'autre moitié par-derrière; donc, quelque vent qu'il fasse, la machine tournera toujours du même côté.

Les tringles L supporteront un léger cône en fer-blanc, afin que la pluie ne puisse entrer par le trou que traverse l'arbre A.

389. Dans les temps orageux, le meunier arrêtera chaque châssis dans la situation horizontale. Il pourrait même retirer les toiles le plus près possible de l'arbre en les disposant avec des anneaux et des cordons, comme on le fait aux rideaux des fenêtres. Les boulets G G servent à établir l'équilibre entre le haut et le bas du châssis. On peut donner telle longueur que l'on voudra aux bras suivant les besoins.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Moulins à paravens fixes.*

390. Ces moulins, appelés *moulins à la polonaise,* sont environnés d'un certain nombre de paravens fixes ou cloisons, qui ne sont placés ni perpendiculairement aux ailes, ni suivant la même direction, mais qui font un certain angle, et sont disposés de manière à intercepter le vent d'un côté de l'axe du volant, et à lui laisser un passage de l'autre. Ces paravens, qui occupent un grand emplacement et augmentent singulièrement les frais

de construction, ont en outre l'inconvénient de présenter au vent des issues qui ne sont pas assez libres, de sorte que, engouffré entre les ailes et les paravens, il en est réfléchi en divers sens, réagit contre le volant et nuit à son mouvement.

391. Deux variétés de cette espèce de moulins sont décrites dans le recueil des machines approuvées par l'académie. La première, imaginée par M. *Duquet*, se trouve dans le tome I, page 107. La seconde, modifiée par M. *Gallon*, se trouve dans le tome VI, page 75.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Moulins à paravent mobile.*

392. Le mécanisme des moulins à paravent mobile offre plus de solidité que celui des moulins à la chinoise; il est plus avantageux que celui des moulins à la polonaise, et en même temps il est plus simple et moins coûteux que chacun d'eux.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Moulin de* Couplet.

393. Je ne décrirai point ce moulin qui se trouve dans le *recueil des machines approuvées par l'*Académie, tome I, page 105, et qui a deux défauts notables. Il ne s'oriente pas de lui-même, comme les autres moulins horizontaux, et il n'a point de toit, de manière que les vents obliques plongent au-delà du paravent et le rendent en partie inutile.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Moulin à girouette.* Pl. XII, fig. 11 et 12.

394. Le volant de ce moulin, que j'ai imaginé, et que je crois préférable aux divers moulins horizontaux connus, est composé de six ailes *a b c d e f* comme celui des moulins à la polonaise. Placé au-dessus d'une plate-forme circulaire, il est recouvert d'un toit conique *m m* soutenu par six barres de fer *p p p p p p*. Dans la plate-forme et dans la partie inférieure du toit sont

creusées deux rainures circulaires exactement parallèles; entre ces rainures est placé un châssis très-léger convert de toile, et qui a la forme du quart de la surface convexe d'un cylindre. Ce châssis $x\ x\ x$ est garni de roulettes ponr faciliter son mouvement, et il communique au moyen d'une tige de fer $y\ y$ avec une grande girouette A, placée au sommet du toit conique; la tige suit l'inclinaison de ce toit, et elle est boulonnée sur le châssis. Les barres de fer qui soutiennent le toit, doivent être placées en dedans des rainures pour ne pas empêcher le libre mouvement du châssis ou paravent.

395. On conçoit aisément que le paravent couvrira les ailes qui sont d'un côté de l'axe, et laissera les autres à découvert. On conçoit aussi qu'à chaque changement de vent, la girouette obligée de tourner, entraînera le paravent et orientera le moulin.

396. Le vent, après avoir agi sur le volant, trouvera une issue entièrement libre, et aucun obstacle ne le réfléchira ni arrêtera son cours.

GENRE QUATRIÈME. — Moulins à mouvement alternatif. Pl. XII, fig. 13.

397. Un secteur $a\ a$, surmonté d'une voile $b\ b$, et formant un système dont le centre de gravité se trouve très-au-dessous de celui d'oscillation, se balance continuellement au moyen d'un contre-poids, quand le vent frappe la voile, et produit un mouvement alternatif circulaire. Ce genre de moulin souvent proposé n'a pas encore été employé avec succès.

398. les personnes qui désirent connaître d'une manière plus circonstanciée les divers moulins à vent, doivent consulter spécialement les ouvrages suivans:

Dessins artificieux de toutes sortes de moulins à vent, etc., *par* Jean Strada de Rosberg, *publiés par* Octave Strada. Francfort, 1617 et 1629. in-fol.

Description de l'art de construire les moulins, *par* Beyer, augmentée par Weinhold. Dresde, 1788. in-fol.

Schapp, *Théâtre des moulins*, partie mécanique, première partie, avec cinq supplémens. Francfort, 1766. in-4°.

L'Art de la charpenterie dans *l'Encyclopédie méthodique.*

*La Collection des machines approuvées par l'*Académie. t. 1, 6 et 7.

Les Annales des arts et manufactures, n°. 20, 41, etc.

Descriptions des machines présentées à la Société d'encouragement de Londres, *par* Alexandre Mabyn Bailey.

CHAPITRE V.

Des Moteurs dépendans et des moteurs proposés.

399. J'ai réuni dans ce chapitre deux sortes de moteurs. Je nomme les uns *moteurs dépendans*, parce que effectivement ils dépendent entièrement d'un autre agent qui leur communique la faculté motrice qu'ils n'ont pas par eux-mêmes; et j'appelle les autres *moteurs proposés*, parce qu'ils n'ont pas encore été adoptés ou ne l'ont été qu'un petit nombre de fois. Jai également donné le nom de *récepteurs dépendans* et de *récepteurs proposés* aux organes qui en reçoivent l'action, que j'ai distribués en deux genres.

GENRE PREMIER. — Récepteurs dépendans.

400. Il existe deux espèces de récepteurs dépendans, les poids et les ressorts. Les poids agissent en vertu de la force de

gravité lorsqu'ils peuvent librement descendre, et les ressorts en vertu de l'élasticité qu'ils acquièrent étant d'abord comprimés et tendus, et ensuite abandonnés à eux-mêmes. Les poids ne peuvent opérer si un autre moteur ne les élève primitivement; la durée de leur action est limitée par la distance entre le point d'élévation et le plan qui est au-dessous; l'action des poids moteurs doit être regardée comme uniforme, quelle que soit la distance qu'ils ont à parcourir, car leur mouvement est ordinairement trop lent pour qu'ils puissent éprouver une accélération sensible.

Il n'en est pas de même des ressorts, leur vigueur diminue à mesure qu'ils se détendent.

401. Les poids et les ressorts considérés comme moteurs, servent à trois usages principaux : 1°. à produire un mouvement continu; 2°. à réagir pour compléter les oscillations dans les mouvemens alternatifs; 3°. à comprimer. Les ressorts ont un autre emploi extrêmement utile, celui d'amortir les chocs violens et les contre-coups.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Des poids.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Poids employés pour produire un mouvement continu.*

402. Applic. L'uniformité de leur action les a fait préférer aux ressorts dans les horloges astronomiques à pendule qui exigent la plus grande précision.

403. On fait un grand usage des poids pour mettre en mouvement les diverses machines théâtrales, et pour opérer avec célérité et exactitude les changemens à vue. Les poids dont on se sert dans les théâtres, ont ordinairement la forme indiquée (Pl. XIII; fig. 1). *a a* est une tige de fer terminée dans la partie inférieure par un petit plateau *b*, et dans la partie supérieure par une anse boulonnée *c*. Plusieurs cylindres 1, 2, 3, 4, 5, su-

perposés les uns aux autres ont une fente *m m m*, au moyen de laquelle on peut les ôter et les remettre avec facilité, et rendre ainsi le poids plus ou moins fort suivant le besoin.

404. Les figures 2, 3, 4 (Pl. XIII), représentent trois exemples de l'usage que l'on fait de ces sortes de poids. On voit (fig. 2) de quelle manière on élève les rideaux, les toiles du fond et les toiles des voûtes, plafonds et nuages. — *a* est le poids, — *b*, le moulinet mu par des hommes, au moyen duquel on monte le poids; — A A, la toile à élever. — B *b* le cylindre ou tambour formé de deux parties concentriques B et *b*; les cordes 1, 2, 3, 4, 5, etc., qui soutiennent la toile, s'enroulent sur la partie *b*; et une grosse corde *m m* s'enveloppe sur l'autre partie B, passe sur la poulie *p* et aboutit au poids à l'anse duquel elle est attachée. On conçoit facilement que, si le poids est abandonné à lui-même, il fera tourner le cylindre B *b*; les cordes 1, 2, 3, etc., s'envelopperont sur *b*, et le rideau s'élèvera avec célérité. Une autre corde *l l l* part du même tambour B *b*, et passe sur les poulies *r r r*. Cette corde, qui s'appelle la *retenue*, sert effectivement à retenir le rideau lorsqu'il est élevé, et à modérer sa chute lorsqu'on l'abaisse. On lie la retenue à l'arrêt *x*.

405. La figure 4 indique la manière de faire avancer les coulisses. On sait que les coulisses A A sont composées d'un châssis placé sur un petit chariot *m m*. — La ligne *a a* indique le plancher de la scène, la ligne *n n* indique un autre plancher inférieur sur lequel se meuvent les chariots *m m*. — *p* est le poids; — *l l l* la corde du poids qui passe sur la poulie *g*, et s'enveloppe sur le tambour B *b*; sur la partie *b* de ce tambour s'enveloppent en même temps les deux cordes *x x* et *y y*. Ces cordes passent sur les poulies 3 et 4, et sont attachées aux chariots *m m*, qu'elles entraînent lorsque le poids descend. — *r r*, retenue qu'on lie à l'arrêt *f*.

406. La figure 3 représente la manière d'exécuter un vol oblique. L'acteur, que l'on veut enlever, est attaché par des crochets à la barre *a a*, qui est soutenue par deux cordes 1, 2, qui passent sur les poulies 3 et 4 adaptées à un chariot mobile *b*; l'extrémité des cordes 1 et 2 est attachée à un point fixe *c*. Le chariot *b* est suspendu sur une corde horizontale *x x*, le long de laquelle il peut se mouvoir librement. Une autre corde également horizontale *y y* est attachée d'un côté au chariot *b*, et de l'autre côté au poids *p*; le moulinet *f* sert à monter le poids, lequel en descendant, entraîne le chariot *b* qui parcourt le chemin tracé par la corde *x x*; en même temps les cordes 1 et 2 en s'allongeant et en se raccourcissant, font décrire à la barre *a a* la trace indiquée par la courbe *z z*.

407. Toutes les autres sortes de vols directs, obliques, sinueux, toutes les descentes de gloire, de chariots aériens, le mouvement des vaisseaux qui traversent la scène, etc., sont produits par des moyens analogues à ceux que nous venons de décrire brièvement, et que nous nous réservons de détailler amplement dans le *Traité spécial des automates et des machines théâtrales*, faisant partie de cet ouvrage.

408. On trouve dans quelques anciens recueils de machines, et spécialement dans celui de *Ramelli*, des applications de poids moteurs à des moulins et autres grandes machines; mais il paraît qu'elles n'ont jamais été mises en usage.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Poids réacteurs.*

409. Applic. Il existe un très-grand nombre de machines dans lesquelles on se sert de poids pour réagir sur certaines parties et les ramener à leur situation primitive, lorsqu'elles ont été déplacées. L'énumération de ces machines serait superflue;

il nous suffira de dire que c'est surtout dans les métiers à tisser les étoffes façonnées qu'on s'en sert très-utilement, comme nous le verrons bientôt dans le livre second.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Des ressorts.*

410. Un bon ressort doit unir la flexibilité à l'élasticité. Plusieurs matières sont aptes à devenir ressort. On emploie le plus communément les bois pour les ressorts des grandes machines, tels, par exemple, que ceux des *ordons*, et l'acier pour les petites machines.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Ressorts moteurs.* Pl. XXVI, fig. 30 et 31.

411. Les ressorts moteurs sont formés par une lame d'acier repliée plusieurs fois en spirale sur elle-même et renfermée dans une caisse cylindrique appelé *barilet.* Une des extrémités de la lame est attachée à un axe vertical qui traverse le barilet, et l'autre extrémité est fixée à un point de la surface concave du barilet. On conçoit aisément qu'en faisant tourner ce barilet dans un sens, le ressort se bandera, c'est-à-dire, les spires seront obligées de se serrer et de se rapprocher d'autant plus les unes des autres que l'on aura fait tourner plus long-temps le barilet. Si ensuite on l'abandonne à lui-même, la réaction du ressort qui tend vivement à reprendre son premier état, l'obligera à tourner en sens contraire, et à entraîner même dans ce mouvement les résistances qui pourraient s'y opposer, si elles sont moins vigoureuses que ne l'est la force élastique du ressort. Ce moteur est essentiellement variable, mais on a trouvé le moyen de rendre son mouvement régulier en employant la *fusée*, comme nous l'indiquerons dans le chapitre cinquième.

412. APPLIC. L'usage des ressorts moteurs est limité presque exclusivement aux horloges, aux automates et aux tourne-

broches. On a construit quelques voitures qui étaient mues par des ressorts moteurs; mais elles ne furent employées que comme objets de pure curiosité.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Ressorts réacteurs.*

413. Les ressorts réacteurs servent ou à compléter les oscillations dans les mouvemens alternatifs, ou à comprimer. Les poids produisent les mêmes effets, mais dans la plupart des machines, on préfère les ressorts qui sont moins volumineux et bien moins embarrassans.

414. Les ressorts réacteurs sont formés, ou par un arc (Pl. XIII, fig. 6) que l'on tend en tirant la corde soutendue, ou par une volute (fig. 7), ou par un hélice (fig. 8): on appelle cette sorte de ressorts, *ressorts à boudin;* ou enfin par une branche repliée de différentes manières, arrêtée à une de ses extrémités et libre à l'autre. On en voit un exemple (fig. 3) dans lequel *a b* représente un ressort qui comprime la *gachette c*, et l'oblige à arrêter fixement la roue à rochet *d*.

APPLIC. Avant l'invention de la poudre à canon, toutes les machines qui servaient à lancer des projectiles, étaient mises en action par des ressorts réacteurs.

Ils sont maintenant employés dans un grand nombre de machines, et surtout dans les diverses espèces de *tours*. Nous verrons, dans les second et troisième livres plusieurs exemples de l'emploi des ressorts réacteurs.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Ressorts à suspension.*

415. Les ressorts à suspension appliqués aux voitures sont de la plus grande utilité pour amortir les secousses violentes et multipliées produites par les aspérités dont les routes sont recouvertes.

416. Les fig. 9, 10, 11, et 12 (Pl. XIII), représentent plusieurs sortes de ressorts à suspension, qui, comme on le voit, sont composés de plusieurs lames superposées, dont la longueur diminue graduellement.

GENRE DEUXIÈME. — Récepteurs proposés.

417. Ces sortes de récepteurs qui n'ont pas encore été adoptés, méritent néanmoins d'être connus, d'abord parce que la plupart sont très-ingénieusement inventés, et parce qu'ils peuvent présenter des moyens susceptibles de devenir utiles en se perfectionnant.

418. Nous décrirons six espèces de *récepteurs proposés*, savoir : la roue à poids de mercure, les tringles mobiles par la dilatation et la condensation, la machine à feu de M. *Cogniard-Latour*, la machine à miroirs ardens, la machine de M. *Henry*, mue par la poudre à canon, et le pyréolophore de MM. *Niepce*.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Roue mue par le poids du mercure.* Planche XII, fig. 24.

(*a*) Extrait du rapport des commissaires de l'Académie.

419. M. *de Sarrebourg* de Nanci a proposé un moyen pour faire mouvoir une roue par le poids du mercure. La roue que l'auteur se propose de faire mouvoir est une espèce de tambour, sur la circonférence duquel un seul tuyau décrit une courbe à double courbure, semblable au pas d'une vis : une des extrémités de ce tuyau est fermé par un bouchon très-exact ; l'autre est ouverte et recourbée en dedans de la roue, presque jusqu'à

(*a*) Machines approuvées par l'Académie, tome 7.

son axe. On verse du vif-argent dans le tuyau par l'ouverture qui a le bouchon, et ensuite on le ferme exactement.

420. Il suit de cette construction que le tuyau dont nous venons de parler devient un véritable baromètre, où le mercure reste suspendu par l'action du poids de l'air, et que de plus cette colonne de mercure est absolument portée d'un côté de la roue ; par conséquent ce côté doit l'emporter sur l'autre, et la roue tournera en sorte que toutes les circonvolutions du tuyau qui l'enveloppe, deviendront successivement le tuyau du baromètre, jusqu'à ce que le mercure soit arrivé à la dernière. Alors la machine s'arrêtera, et pour la remonter, il faudra faire tourner la roue en sens contraire : on obligera par ce moyen le mercure à retourner à l'autre bout du tuyau ; mais aussi, dans cette opération, on aura à vaincre le poids de la colonne de mercure.

421. Ce moyen de faire mouvoir une roue nous a paru nouveau et ingénieux : nous ne pouvons pourtant dissimuler que, par cette mécanique, on ne gagne rien du côté de la force, le mercure n'agit que comme tout autre poids égal, attaché à une corde qui ferait autour de ce tambour le même nombre de circonvolutions que le tuyau ; il sera d'ailleurs difficile de construire un tuyau de cette espèce, qui n'admette point d'air et ne laisse pas échapper de mercure ; cependant il pourrait se trouver des occasions où on placerait le nouveau moteur avec plus de facilité et d'avantage que ceux que l'on connaît déjà ; ce sera un moyen de plus de produire du mouvement dont on trouvera peut-être un jour quelque application utile.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Mouvement d'oscillation résultant d'un appareil de tringles plongé alternativement dans l'eau chaude et dans l'eau froide* (*a*).

422. Il a été construit en 1809, au Conservatoire des arts et métiers, d'après les décisions du ministre de l'intérieur, un appareil de la composition de M. *Bonnemain*, où la dilatation et la contraction d'un faisceau de tringles métalliques, produites par la présence alternative de l'eau chaude et de l'eau froide, impriment un mouvement d'oscillation à un levier; cette machine est combinée de manière qu'au moyen de deux réservoirs d'eau qui se communiquent, et dont un seulement est échauffé, l'eau chaude et l'eau froide se succèdent rapidement dans un cylindre qui établit la communication entre les deux réservoirs, et qui renferme le faisceau de tringles métalliques.

Ce moyen d'établir une circulation alternative d'eau chaude et d'eau froide dans la même capacité, par la seule action du feu, est très-ingénieux, et pourra peut-être trouver quelques applications utiles.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Machine à feu de M.* Cogniard Latour.

423. Voici l'extrait d'un rapport fait à l'Institut sur cette machine, par MM. *de Prony, Charles, Mongolfier* et *Carnot*.

« Le moteur dans cette machine, n'est point la vapeur de l'eau bouillante, comme dans les machines à feu ordinaires, mais un volume d'air qui, porté froid au fond d'une cuve remplie d'eau chaude, s'y dilate, et qui, par l'effort qu'il fait alors pour se reporter à sa surface, agit à la manière des poids, mais de bas en haut. Il est facile de voir que ce moteur une fois

(c) *Annales des arts et manufactures*, tome 33.

trouvé, on peut l'employer de bien des manières différentes : voici celle qui a été imaginée par M. *Cogniard.* »

424. Sa machine est, à proprement parler, composée de deux autres, qui ont des fonctions tout-à-fait distinctes. La première est destinée à emmener au fond de la cuve d'eau chaude le volume d'air froid dont il a besoin. La seconde a pour objet d'appliquer à l'effet qu'on veut produire, l'effort que cet air, une fois dilaté par la force expansive de la chaleur, fait pour se reporter à la surface supérieure du fluide.

425. Pour remplir le premier objet, qui est d'amener l'air au fond de la cuve, l'auteur emploie une vis d'Archimède. Si une pareille vis fait monter un fluide quand on la fait tourner dans tel ou tel sens, il est évident qu'elle devra le faire descendre si on la tourne en sens contraire; si donc elle est plongée dans l'eau, de manière que la seule partie supérieure de son filet spiral reste dans l'air, elle devra, lorsqu'on la tournera en sens contraire, faire descendre au fond de cette masse d'eau l'air qu'elle saisit à sa partie supérieure à chaque tour de sa rotation.

426. Voilà ce qui a lieu, en effet, dans la nouvelle machine. L'air dont on a besoin est d'abord porté au fond du réservoir d'eau froide où est plongée la vis; de là il est conduit par un tuyau au fond de la cuve d'eau chaude; la chaleur de cette eau le dilate aussitôt, et crée ainsi la nouvelle force qui doit servir de moteur; ainsi se trouve rempli le premier objet du mécanisme proposé.

427. Le second objet est d'appliquer ce nouveau moteur à l'effet qu'on veut produire; pour cela, l'auteur emploie une roue a augets, entièrement plongée dans la cuve d'eau chaude. L'air dilaté est rassemblé au fond de cette cuve, trouve une issue

qui lui est ménagée pour le diriger sous ceux des augets dont l'ouverture est tournée en bas : alors sa force ascensionelle chasse l'eau de ces augets, et le côté de la roue où ils se trouvent devenant plus léger que l'autre côté où les augets restent pleins, la roue tourne continuellement comme les roues à pots ordinaires.

428. Cette roue, une fois en mouvement, peut transmettre à d'autres mobiles quelconques, soit par engrenage, soit par d'autres moyens l'action du moteur. Dans la nouvelle machine, l'effet produit consiste à élever, au moyen d'une corde attachée à l'axe de la roue, un poids de 15 livres, avec la vitesse uniforme verticale d'un pouce par seconde, tandis que la force mouvante appliquée à la vis est seulement de trois livres avec la même vitesse. L'effet de la chaleur est donc de quintupler l'effet naturel de la force mouvante.

429. On conçoit que l'effet de la force mouvante étant quintuplé, on peut prélever sur cet effet même de quoi suppléer à cette force mouvante, et qu'il restera encore une force disponible quadruple de cette même force mouvante. M. *Cagniard* établit par un point brisé la communication entre l'axe de la roue et celui de la vis. Celle-ci tourne alors comme si elle était mue par un agent extérieur, et consomme par ce mouvement un cinquième de l'action du moteur. Le reste sert à élever un poids de 12 livres avec la vitesse constante d'un pouce par seconde; c'est-à-dire, que la machine se remonte continuellement d'elle-même, et que de plus il reste une force disponible quadruple de celle que devrait employer un agent extérieur qui aurait à entretenir par lui-même le mouvement de cette machine.

430. Il résulte de cet exposé, que la chaleur quintuple

au moins le volume de l'air qui lui est confié, puisqu'il est évident que l'effet produit, doit être proportionnel au volume de cet air dilaté, au moins à cause des frottemens qu'il faut vaincre; mais ces frottemens sont peu de chose, parce que la vis et la roue étant l'une et l'autre plongées dans l'eau, perdent une partie considérable de leur poids, et pressent conséquemment peu sur leurs tourillons. D'ailleurs les mouvemens sont toujours lents et non alternatifs, et il ne se fait aucun choc; ainsi la machine est exempte des résistances qui absorbent ordinairement une grande partie de la force mouvante dans les machines, et en accélèrent la destruction.

431. Cette machine peut devenir fort utile dans un grand nombre de circonstances : comme elle produit son effet dans une masse d'eau échauffée seulement à 75 degrés, et même moins, elle donne lieu de profiter des eaux chaudes que dans plusieurs manufactures ou établissemens on rejette souvent comme inutiles. Par exemple, dans les salines, l'ébullition des eaux salées pourrait servir, au moyen de la machine de M. *Cagniard*, à faire mouvoir les pompes destinées au service des chaudières. Dans les forges, la chaleur seule du haut fourneau pourrait faire mouvoir les soufflets; dans les pompes à feu ordinaires qui, comme celle de Chaillot, fournissent une grande quantité d'eau très-chaude, on pourrait en tirer une action équivalente à celle de beaucoup d'hommes ou de chevaux. Enfin, dans les bains, les distilleries, les fours à porcelaine, les fours à chaux, les verreries, les fonderies, et tous établissemens où il y a production d'eau chaude ou de chaleur, on peut tirer parti de cette machine. Outre qu'elle est fort peu sujette aux frottemens et aux réparations, elle a l'avantage d'être facile à conduire; et lorsqu'on suspend son action pour quelque temps sans éteindre le feu, la chaleur n'est point perdue, parce que l'eau n'étant pas

bouillante, le calorique s'y accumule, et fournit ensuite une action plus considérable.

432. La vis d'Archimède employée dans cette machine, y produit l'effet d'un véritable soufflet qui pourrait s'employer comme tel dans les forges; on doit même le considérer peut-être comme le meilleur de ceux qui sont connus, tant par la simplicité, la solidité et son effet constant, que par l'économie des forces qu'on trouverait dans son usage, comparativement aux autres machines destinées au même objet; car la vis devient très-légère et très-mobile par son immersion dans l'eau, en sorte que le frottement des pivots est presque nul.

433. L'auteur a aussi appliqué à une masse de mercure le jeu de cette vis. Comme il faut pour son mécanisme deux fluides d'inégales densités, il a, en conservant la construction expliquée ci-dessus, simplement substitué le mercure à l'eau et l'eau à l'air. Il en résulte une machine hydraulique fort simple, qui, sans soupape, sans étranglement, sans l'action du feu, et étant mise en mouvement par un agent extérieur, comme un homme ou un courant, donne un écoulement continu d'eau à une hauteur quatorze fois plus grande que la colonne de mercure où la vis est plongée. Il augmente même cette hauteur à volonté, sans changer celle du mercure, en combinant l'action de trois fluides, le mercure, l'eau et l'air. Pour cela, au lieu d'élever une colonne qui soit seulement d'eau, il en forme une plus légère par un mélange d'eau et d'air : ce mélange s'opère de lui-même, dans la proportion que l'on veut obtenir, par la seule disposition de la partie inférieure du tuyau qui contient cette colonne, en laissant cette ouverture en partie dans l'eau, et en partie dans l'air, suivant qu'on veut avoir plus de l'un de ces fluides que de l'autre, et par conséquent faire parvenir le mélange à une hauteur plus ou moins grande. On conçoit ce-

pendant que l'effet de la force mouvante ne change pas pour cela, mais que, lorsqu'on veut élever l'eau à une plus grande hauteur, la machine en donne dans la même proportion une moindre quantité. Cet effet est analogue à celui de la pompe de Séville.

434. La machine de M. *Cagniard* a paru aux commissaires de l'institut renfermer plusieurs idées nouvelles et intéressantes, et son application dirigée par une bonne théorie et par la connaissance approfondie des véritables lois de la physique. Ils ont pensé qu'elle pouvait être utile, dans nombre de circonstances, à la pratique des arts, et qu'elle méritait l'approbation de la classe des sciences physiques et mathématiques.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Machine à miroirs ardens.*

435. M. *Galand* a proposé d'échauffer la chaudière d'une machine à vapeur par un système de miroirs ardens. Quelques curieuses que puissent être les recherches de ce genre, dit M. *de Prony* dans un rapport à la société d'encouragement, il paraît que les appareils qui les concernent ne doivent encore avoir place que dans les cabinets de physique.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Poudre à canon employée comme moteur de machines* (*a*).

436. M. *Henri* a imaginé une machine propre à enfoncer les pieux par l'effet de la poudre. C'est une espèce de sonnette à déclic. Le mouton est composé d'un bloc creux comme une pièce d'artillerie, dans lequel on met une charge de poudre.

Des hommes l'élèvent à l'aide d'un treuil; un tampon de fer, fixé à la partie supérieure de la machine, remplit le creux du mouton et s'appuie sur la poudre; un arrêt tient le mouton élevé.

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 37.

437. Lorsqu'on met le feu, l'explosion de la poudre soulève un piston placé dans un petit tube particulier, ce piston dégage l'arrêt; la poudre trouvant un appui sur le tampon fixé, donne au mouton une vitesse initiale qui s'accélère par la chute et le pieu est frappé avec une grande force.

Les expériences en petit ont assez bien réussi; mais il paraît que des essais plus en grand seraient sujets à plusieurs inconvéniens, et notamment à celui de briser ou de difformer les pieux par la trop grande violence du coup.

La machine de M. *Henri* pourrait cependant avoir peut-être quelques applications utiles. Par exemple, dans les fonderies, elle serait susceptible d'être employée pour briser les pièces de rebut.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Pyréolophore de MM.* Niepce.
Rapport fait à l'Institut, par MM. *Berthollet* et *Carnot*.

438. C'est toujours une chose précieuse que la découverte d'un nouveau principe moteur dans la nature, lorsqu'on peut parvenir à en régulariser les effets, et les faire servir à ménager l'action des hommes et des animaux.

439. Les anciens ne connaissaient que peu de ces principes moteurs, ou du moins ils n'employaient guère comme forces mouvantes que les êtres vivans dont nous venons de parler, les chutes et courans d'eau, et enfin l'action du vent. Ces forces étant toutes trouvées et développées par la nature elle-même, il ne fallait, pour les appliquer aux besoins ordinaires, que la connaissance expérimentale des effets du levier ou autres engins qui s'y rapportent. La théorie vint ensuite qui porta la précision du calcul dans l'évaluation de ces effets, et garantit des écarts de l'imagination.

440. Mais ces assemblages de leviers ne sont par eux-mêmes que des masses inertes, propres seulement à transmettre et à modifier l'action de la force mouvante, sans pouvoir jamais l'augmenter; c'est toujours le principe moteur qui fait tout.

441. Les modernes ont découvert plusieurs principes moteurs, ou plutôt il les ont créés : car, quoique leurs élémens soient nécessairement préexistans dans la nature, leur dissémination les rend nuls sous ce rapport, et ils n'acquièrent la qualité de force mouvante que par les moyens artificiels; tels sont les poudres fulminantes, et particulièrement la poudre à canon; telle est la force expansive de l'eau réduite en vapeur; telle est la force ascensionelle qui lance l'aréostat dans les airs par la légèreté relative du gaz hydrogène qu'il contient. Ce n'est pas que la nature n'offrît sans cesse des exemples de l'effet prodigieux de ces forces, dans l'élévation des nuages, dans l'explosion des météores, dans l'éruption des volcans; mais tant que leur action est spontanée, qu'on ne peut la régulariser, il y a plus souvent lieu de les regarder comme des fléaux, que comme des agens mécaniques applicables aux besoins de la société.

442. C'est la recherche d'un semblable agent qui fait l'objet du mémoire dont nous avons à rendre compte; les auteurs, MM. *Niepce*, ont cru l'apercevoir dans la propriété qu'a le calorique de dilater promptement l'air atmosphérique, et leurs premiers essais annoncent déjà des résultats importans. Quoique cette propriété fût bien connue, il ne paraît pas qu'on eût jamais pensé, ou du moins qu'on eût jamais réussi à l'employer comme force mouvante. MM. *Niepce*, par son moyen et sans aucune intervention de l'eau en nature, sont parvenus à occasioner, dans un espace déterminé, des commotions si fortes, que les effets paraissent en être comparables à ceux de la machine à vapeur ou pompe à feu ordinaire.

443. Pour se faire une idée de l'appareil employé par MM. *Niepce*, il faut concevoir un récipient de cuivre bien clos de tous côtés; alors, si on trouve moyen de porter tout à coup au centre de ce récipient une flamme très-vive, la chaleur dilatera subitement la masse d'air contenue, les parois intérieures éprouveront, du dedans au dehors, une forte pression; et si l'on fait à ces parois une ouverture à laquelle on adapte un piston de même grandeur, le piston sera repoussé, et se trouvera capable de soulever une colonne d'eau, ou un autre poids quelconque proportionné à la dilatation de l'air du récipient.

444. Qu'après cela, en supposant la flamme éteinte, on renouvelle cette masse d'air pour remettre les choses dans leur premier état, le piston reviendra à sa place; et si l'on porte de nouveau au centre du récipient une flamme semblable à la première, le jeu de la machine recommencera et aura lieu ainsi autant de fois qu'on recommencera la même manœuvre.

445. Pour concevoir comment s'opère ce jeu alternatif dans l'appareil de MM. *Niepce*, qu'on se figure le récipient dont nous avons parlé ci-dessus, posé et fortement attaché à une table horizontale; qu'ensuite, ayant fait une petite ouverture à sa paroi, on soude à cette ouverture un tube qui reçoive à son autre extrémité la tuyère d'un soufflet, de manière qu'en pressant ce soufflet on en chasse à volonté une masse d'air dans l'intérieur du récipient; qu'enfin, sur la longueur de ce tube comprise entre la tuyère et le récipient, on pratique deux petites ouvertures, l'une plus proche de la tuyère pour recevoir une matière extrêmement combustible pulvérisée, l'autre plus proche du récipient pour recevoir la flamme d'une petite lampe ou d'une mèche; alors, si l'on ferme ces petites ouvertures par des soupapes, de manière qu'il n'y ait aucune communication entre l'air extérieur et l'intérieur de l'appareil, et qu'on presse le

soufflet, il est évident que l'air qui en sera chassé avec force, emportera le combustible qui a été placé sur son chemin, et le lancera dans le récipient à travers la flamme placée à la seconde ouverture du tube; en passant par cette flamme, le combustible s'allumera, il arrivera sous le récipient dans cet état d'ignition, y sera disséminé par le mouvement qui lui a été imprimé, dilatera subitement et simultanément toutes les parties de l'air atmosphérique comprises dans la capacité du récipient, et produira l'explosion dont nous avons parlé.

446. C'est à cela, en effet, que se réduit le mécanisme imaginé par MM. *Niepce;* c'est l'explosion elle-même qui remonte à chaque battement de la machine, c'est-à-dire qui la ramène à sa première position, mesure la charge du combustible pour le coup qui doit suivre, arme le soufflet, fait entrer la flamme dans le tube, ferme les soupapes et lâche les détentes. Quoique le détail de tout ce qu'ont imaginé les auteurs pour remplir ces différens objets soit très-intéressant, il est inutile pour l'intelligence du principe. Comme d'ailleurs l'appareil de MM. *Niepce* n'est qu'un essai qu'ils espèrent perfectionner, nous nous bornerons à quelques remarques sur les principaux points de ce mécanisme, en observant que les auteurs l'ont eux-mêmes réduit à ses plus simples termes dans une espèce d'éprouvette où l'opération des mains supplée aux détails dont nous avons fait ci-dessus mention, en laissant subsister en entier l'action de la force mouvante.

447. La plus grande difficulté est de renouveler l'air à chaque pulsation. Pour remplir cet objet, les auteurs y ménagent un grand nombre d'ouvertures à soupapes pour laisser aller l'air échauffé aussitôt que le battement est fait, et ils l'expulsent au moyen d'un diaphragme qui se meut par le jeu même de la machine, et qui, en parcourant le récipient dans toute sa longueur,

chasse l'air vicié pour donner accès à une nouvelle partie d'air atmosphérique.

448. Si l'air de l'intérieur du récipient n'était aussi soigneusement renouvelé à chaque pulsation, l'opération ne réussirait pas; il faut, pour son succès, que l'oxigène s'y trouve en quantité suffisante, afin que la flamme, en arrivant dans le récipient, atteigne en un instant toutes les parties de cet oxigène disséminé, et dilate, en le consumant, les parties adjacentes des gaz non respirables qui se trouvent mêlés avec lui : c'est par là qu'une raréfaction si prompte a lieu, et ce qui fait que la machine cesse d'aller lorsque l'air vital de la chambre est presque tout absorbé, ou que l'air ambiant se trouve altéré par la respiration d'un très-grand nombre de personnes autour de l'appareil. Nous l'avons vu cesser ses battemens et les reprendre avec force d'elle même, dès le moment qu'en ouvrant une fenêtre et une porte opposée on rétablissait un nouveau courant d'air atmosphérique; la machine était pour ainsi dire asphyxiée par le gaz méphitique et ranimée par l'air pur.

Le combustible employé ordinairement par MM. *Niepce* est le lycopode, comme étant de la combustion la plus vive et la plus facile; mais comme cette matière est coûteuse, ils la remplaceraient en grand par la houille pulvérisée, et mélangée au besoin avec une très-petite portion de résine, ce qui réussit très-bien, ainsi que nous nous en sommes assurés par plusieurs expériences faites avec l'éprouvette dont nous avons parlé.

449. Indépendamment de l'azote qui se trouve mêlé à l'oxigène avant l'explosion, il doit se développer, par la combustion, une certaine quantité de gaz acide carbonique et d'hydrogène; celui-ci doit donner lieu à la formation de quelques portions d'eau réduite en vapeur; mais cette vapeur ne joue ici qu'un

rôle secondaire et connu; d'ailleurs, ce n'est point l'eau en nature qui est exposée à l'action du feu, mais une matière sèche qui peut en contenir plus ou moins. On voit que ce nouveau moteur diffère entièrement de celui qui agit dans la pompe à feu.

450. Dans celui-ci, il faut commencer par échauffer une grande masse d'eau, et l'on conçoit qu'une partie considérable du calorique doit être absorbée par les corps environnans; dans l'appareil de MM. *Niepce*, aucune portion du calorique n'est dissipée d'avance; la force mouvante est un produit instantané, et tout l'effet du combustible est employé à produire la dilatation qui sert de force mouvante.

451. Cette machine est trop nouvelle encore pour qu'il soit possible d'en apprécier exactement les effets, et de comparer l'action de son principe moteur avec celles des autres forces mouvantes connues; cependant les secousses violentes qu'éprouve cette machine, dont la masse pèse à peu près trois cents livres, l'ébranlement qu'elle communique aux corps sur lesquels elle repose, et la vivacité des mouvemens que toutes les parties reçoivent à chaque battement occasioné par l'ignition de 5 ou 6 grains seulement de combustible, ne permettent pas de douter de l'intensité et de l'impétuosité de ce nouveau principe moteur.

LIVRE SECOND.

Communicateurs.

452. Il n'existe qu'un petit nombre de machines dans lesquelles le *récepteur* soit en rélation directe avec l'opérateur, c'est-à-dire, dans lesquelles il y ait une communication immédiate entre l'organe qui reçoit l'action du moteur et celui qui produit l'effet final; les circonstances locales, les dispositions et distributions exigées par la nature du travail et par la commodité des hommes destinés à le diriger, la diverse nature du mouvement que produit le récepteur d'avec celui que doit avoir l'opérateur, sont autant de causes qui nécessitent l'emploi de cet *ordre* d'organes auxquels nous avons donné le nom de *communicateurs*.

453. Les communicateurs produisent le double effet de transmettre à l'opérateur le mouvement reçu par le récepteur, et de lui faire subir simultanément la transformation requise par la qualité du travail que l'opérateur doit effectuer. Par exemple, si une roue hydraulique, qui se meut circulairement, doit agir sur des pompes dont le mouvement est alternatif rectiligne, les communicateurs qu'on établira entre eux, transféreront le mouvement de la roue aux pompes, et en même temps, de circulaire, ils le rendront alternatif rectiligne.

454. Nous distribuerons l'*ordre des communicateurs* en deux classes, l'une contiendra tous ceux qui ne peuvent agir qu'à des distances médiocres; l'autre renfermera ceux qui sont doués de la faculté de transmettre le mouvement à des éloignemens quelconques. Nous nommerons les premiers communicateurs, *proximes*, et les seconds, *communicateurs étendus*.

ORDRE SECOND. — *COMMUNICATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — COMMUNICATEURS PROXIMES.

455. Cette classe contient trois genres, les engrenages, les excentriques, et enfin les plans curvilignes et inclinés.

CHAPITRE PREMIER.

Des engrenages.

456. Nous désignons par le nom d'*engrenage*, une combinaison de deux ou de plusieurs organes mécaniques en contact, et agissant les uns sur les autres au moyen de petites parties saillantes, régulièrement espacées, qu'on appelle *dents*.

457. Les engrenages, employés en qualité de communicateurs, produisent trois sortes de mouvemens, le circulaire continu, le circulaire alternatif, et le rectiligne alternatif. Nous les distribuerons conséquemment en trois espèces, dans chacune desquelles nous réunirons ceux qui produisent des mouvemens de même nature.

458. Les engrenages sont composés de roues, de vis et de règles dentées. Avant de les décrire, je crois qu'il ne sera pas inutile d'exposer quelques détails pratiques sur la construction des grandes roues.

459. Une roue est composée de plusieurs parties, dont les principales sont, l'*axe*, la *jante* ou partie circulaire qui en forme la circonférence, l'*armature* ou charpente qui réunit la jante à l'axe, et la *denture*.

De l'axe.

460. Dans le plus grand nombre de roues, l'axe est intimement uni à la roue même et tourne avec elle ; dans quelques autres, l'axe est immobile, et la roue tourne sur lui, comme dans les poulies.

461. Il importe essentiellement que les axes soient construits avec soin ; les défauts qu'ils peuvent avoir, produisent toujours des effets très-nuisibles ; l'irrégularité du mouvement, les secousses, les soubresauts, les frottemens excessifs, la prompte dégradation de la machine en sont ordinairement les suites fâcheuses.

462. Solides, mais sans excès, ils doivent avoir des dimensions déterminées d'après les connaissances de l'effort qu'ils ont à supporter, et du degré de résistance des matériaux qu'on emploie. S'ils sont trop massifs, ils absorbent une quantité inutile de matière, et ils augmentent les frottemens toujours proportionnels aux pressions ; s'ils sont au contraire trop faibles, ils fléchissent ou se rompent.

463. Une des conditions les plus importantes qu'ils ont à remplir est d'être exactement équilibrés ; si l'on suppose qu'une ligne droite les traverse par le centre sur toute leur longueur, et que des coupes soient pratiquées perpendiculairement à cette ligne, il faut, 1°. que ces coupes aient une figure parfaitement régulière ; 2°. que la droite passe exactement par le centre de chacune d'elles ; 3°. que les parties qui sont d'un côté de la ligne centrale soient également pesantes que celles de l'autre côté, et cela dans tous les points de rotation de l'axe. La première et la seconde de ces qualités dépendent d'une exécution soignée, la troisième du choix des matériaux.

464. Les axes des grandes roues sont quelquefois composés de plusieurs pièces de bois ; en pareil cas il faut faire attention qu'elles soient d'une même nature, et d'une même gravité spécifique.

465. Les pivots de fer que l'on insère dans les axes de bois doivent être *centrés* avec la plus grande exactitude ; il est essentiel qu'ils ne puissent changer de position, ni se mouvoir dans l'intérieur de l'axe. Cette condition n'est pas aussi facile à remplir qu'elle le paraît au premier abord. Parmi les diverses méthodes imaginées à cet effet, on donne généralement la préférence aux trois suivantes : 1°. (Pl. XIV, fig. 1), le pivot *a* forme une seule pièce avec une partie prismatique, qui, étant encastrée dans une fente bien juste pratiquée à l'extrémité de l'axe, et cette extrémité étant frettée solidement, empêche que le pivot ne tourne dans l'axe et ne devienne oblique : 2°. *b*, fig. 1, représente un pivot qui ne diffère du précédent que par la forme de sa queue, composée de deux parallélepipèdes, qui se coupent à angles droits et forment quatre ailes que l'on introduit dans l'axe : 3°. (Pl. XIV, fig. 2) ce pivot a une queue pyramidale à base carrée, qui est insérée dans une plaque de fer dont les extrémités reployées à angles droits et terminées par un rebord, sont fortement retenues par une frette. Le pivot étant insinué dans l'axe, la plaque doit être exactement appliquée contre l'extrémité de l'axe, de sorte que le pivot ne puisse changer de position si elle n'en change également ; mais elle ne le peut pas, car d'un côté la frette qui la retient, et de l'autre la surface de l'axe contre laquelle elle s'appuie, lui interdisent toute espèce de mouvement.

466. Dans les machines qui doivent faire de grands efforts, les deux pivots sont réunis par une forte barre de fer, et ne forment ainsi qu'un seul corps. Cette barre de fer est insérée

dans l'axe de bois qui pour cet effet est composé de deux pièces que l'on réunit ensuite au moyen de plusieurs frettes et de quelques boulons qui traversent les deux pièces de bois et la barre de fer. La fig. 6, Pl. XIV, représente un axe de cette espèce; les lignes ponctuées indiquent la barre qui réunit les deux pivots. La partie du milieu de cet axe est un prisme à base carrée, les deux parties latérales sont des troncs de cône. Aux deux extrémités on aperçoit les frettes qui lient et réunissent solidement toutes les parties de cet axe.

467. Les pivots lorsqu'ils agissent se réchauffent considérablement, surtout s'ils supportent une forte charge, et s'ils tournent avec rapidité; il est donc essentiel en pareil cas de les tenir constamment humectés. Dans quelques machines à vapeur les pivots du balancier se meuvent dans une espèce d'auge remplie d'huile ou de graisse. Dans les moulins à eau, et dans plusieurs autres espèces de machines, on a soin de verser continuellement de l'eau sur les pivots de la grande roue, et on dispose de petits conduits à cet effet. Les meuniers font de petites coupures à la partie inférieure de l'axe vertical qui supporte la meule tournante. L'objet de ces entailles, que la fig. 35 de la Pl. XIV représente, est d'amener sans cesse une partie de la graisse contenue dans la crapaudine, à l'endroit où le frottement agit avec plus de force.

Dans le Livre quatrième nous nous occuperons des supports sur lesquels les pivots tournent.

Des jantes.

468. Les jantes des grandes roues sont ordinairement en bois d'orme. Il y a plusieurs méthodes de réunir les diverses pièces dont elles sont formées.

469. 1ère. MÉTHODE, *à recouvrement* (Pl. XIV, fig. 21). La circonférence de la roue est composée de deux cercles superposés de telle manière que les *pleins* de l'un recouvrent les joints de l'autre. Ils sont réunis par des chevilles en bois dur. Cette méthode n'exige aucune ferrure pour la réunion des pièces, circonstance très-avantageuse dans divers cas, et spécialement dans ceux où les roues sont exposées à être mouillées.

470. 2ème., MÉT., *à traits de Jupiter* (Pl. XIV, fig. 12). Les extrémités de chacune des pièces sont coupées comme on le voit en *b a d*. On laisse en *a* un vide pour y introduire avec force un coin de chêne verd ou d'un autre bois dur, lequel resserre intimement l'union des deux pièces qu'on assujettit ensuite au moyen de deux boulons à écrou 1 et 2.

471. 3ème. MÉT., *à tenons et mortaises*. La fig. 20 indique en *a* l'union de deux pièces; un cercle en fer 2 2 2 environne la circonférence de la roue, et empêche qu'aucune des pièces puisse se séparer des autres. Cette méthode, en usage pour les roues des voitures, n'est pas susceptible d'être employée pour les roues à engrenage.

472. 4ème. MÉT., *à traits simples* (Pl. XIV, fig. 19). Cette méthode, qui a de l'analogie avec celle *à traits de Jupiter*, est plus simple, mais moins solide. On place en *a b* des frettes ou des boulons.

473. 5ème. MÉT., *à queue d'hirondelle* (Pl. XIV, fig. 16). Dans les méthodes précédentes les traits d'union sont pratiqués sur le plat de la roue; dans celle-ci et dans la suivante, ils le sont sur l'épaisseur.

474. 6ème. MÉT., *à demi-queue d'hirondelle* (Planche XIV, fig. 17).

Des armatures.

475. On appelle *armature* dans les grandes roues la charpente qui réunit les jantes à l'axe. On préfère le chêne pour l'axe, l'orme pour les jantes, et le sapin ou quelque autre espèce de bois léger pour l'armature. La conservation de la roue exige que l'armature soit peinte ou goudronnée.

476. En général toutes les pièces d'une armature doivent être combinées de manière à ce qu'on puisse les ôter et les remettre avec facilité, sans qu'elles éprouvent des dégradations; à cet effet, on ne doit employer dans leur assemblage que des boulons à écrou, en faisant attention que les têtes en soient bien uniformes pour les serrer et les desserrer toutes avec la même clef.

477. Les rayons de l'armature peuvent être insérés dans les jantes de trois manières différentes, ou à *tenon* et *mortaise*, ou à *demi-bois*, ou au moyen de deux échatignoles, comme la fig. 18 (Pl. XIV) l'indique, et comme on le voit fig. 9 (Pl. V). La figure de la même planche représente une roue qui, ayant à supporter des ébranlemens latéraux, a ses rayons inclinés en sens contraire.

478. Les figures 17 et 18 (Pl. I) représentent les formes d'armature les plus usitées dans les grandes roues; mais on peut les varier d'une infinité de manières différentes. Quelle que soit la disposition que l'on choisisse, il faut que, pour être bonne, elle remplisse les conditions suivantes :

1°. La circonférence de la roue doit se trouver exactement dans un même plan perpendiculaire à l'axe.

2°. La roue doit être parfaitement en équilibre dans tous les points de rotation.

3°. Il faut que la roue ne puisse, en aucune manière, se déjeter, ni se déformer, et qu'elle soit affermie assez solidement pour résister, sans s'ébranler, à tous les efforts qu'elle doit supporter.

4°. Que toutes les pièces, quoique intimement unies les unes avec les autres, soient cependant indépendantes, pour qu'elles puissent être ôtées et remises sans endommager la roue, toutes les fois qu'elles exigeront des réparations.

479. Les détails pratiques que nous venons d'exposer conviennent également aux roues zooliques et hydrauliques comme aux grandes roues communicatrices; ces dernières se distinguent particulièrement par leur denture.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Engrenage à mouvement circulaire continu.*

480. Les engrenages sont simples ou composés; les simples résultent de deux seules roues, ou de deux autres organes mécaniques; les composés résultent d'un plus grand nombre de ces organes.

481. Cette espèce contient huit variétés d'engrenages simples et deux variétés d'engrenages composés; les engrenages simples sont, 1°. pignon et roue, dont la denture suit le prolongement des rayons; 2°. lanterne et roue, dont la denture suit le prolongement des rayons; 3°. lanterne et roue de champ; 4°. roue d'angles; 5°. roue à denture saillante, et vis sans fin; 6°. roue à denture rentrante, et vis sans fin; 7°. roue à denture interne et pignon roulant; 8°. roue tournante autour d'un pignon. Les engrenages composés sont, 1°. roue à double denture, lanterne horizontale, et lanterne verticale; 2°. roue d'angle à double denture, agissant en divers sens sur deux autres roues.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Pignon et roue dont la denture suit le prolongement des rayons.* Pl. XV, fig. 4.

482. On se sert du mot *pignon* pour distinguer, dans un engrenage, la roue qui communique le mouvement d'avec celle qui le reçoit; le pignon est ordinairement plus petit que la roue mouvante.

483. Pour qu'un engrenage produise un effet satisfaisant, il faut, non-seulement que les dents du pignon et que celles de la roue soient placés précisément à égale distance les unes des autres, et aient toutes la même forme et les mêmes dimensions; mais il faut, en outre, que cette forme soit telle, que les dents de la roue agissent sur celles du pignon constamment avec la même force, en lui communiquant toujours une même vitesse. Il résulte de cette égalité de force un mouvement uniforme, et la force motrice agit avec le moindre effort possible.

484. *De la Hire* a démontré que, si les *ailes* ou dents du pignon sont terminées par des lignes droites, le contour de chacune des dents de la roue doit être une portion d'épicycloïde engendrée par un point d'un cercle, ayant pour diamètre le rayon du pignon, et tournant autour de la circonférence de la roue.

Voyez le *Traité des épicycloïdes* de *De la Hire*. — Un *Mémoire de Camus*, parmi ceux de l'Académie, pour l'an 1733; le *Traité des machines*, par M. *Hachette*. Nous indiquerons bientôt une méthode facile de décrire ces sortes d'engrenages.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Lanterne et roue dont la denture suit le prolongement des rayons.* Pl. XV, fig. 10 et 11.

485. Les pignons ne sont employés que dans les machines

de médiocre grandeur; dans celles qui ont de plus fortes dimensions, on se sert de *lanternes;* on appelle ainsi un organe mécanique dont on voit le plan en *a*, fig. 10, et l'élévation, fig. 11. Une lanterne est composée d'un certain nombre de cylindres 1, 2, 3, 4, 5, etc., insérés dans deux plateaux parallèles *a* et *b;* on les nomme *tourtes* ou *tourteaux*, et ils sont environnés par des frettes *d*, *d*.

486. Les dents de la roue ou *hérisson m*, qui agit sur la lanterne *a*, prennent le nom d'*alluchons*. On remarque dans un alluchon deux parties (voyez Pl. XV, fig. 17); l'une, marquée *a*, traverse l'épaisseur de la jante, a la forme d'un parallélipipède à base carrée, et est retenue en dessous par une clavette *c* : la partie supérieure *b* a un large rebord qui lui sert de base, et qui est en partie encastré dans la jante; l'alluchon, au-dessus du rebord, a ses faces latérales planes et parallèles, qui ensuite se replient progressivement en suivant la courbure d'un épicycloïde.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Roue de champ*. Pl. XV, fig. 7.

487. Les dents ou alluchons de la roue de champ sont perpendiculaires à son plan, et leur contour doit avoir la courbure d'une cycloïde.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roues d'angle*. Pl. XV, fig. 5.

488. Cet engrenage produit le même effet que le précédent; mais il jouit du double avantage d'être peu volumineux et très-solide, avantage précieux en un grand nombre de cas. On voit (Pl. XXII, fig. 1 et 2) un rapprochement de cette méthode avec la précédente, qui indique que, par la substitution des roues d'angles aux roues de champ et aux lanternes, on peut ou diminuer

les dimensions, ou augmenter le nombre des dents, ce qui rend le mouvement plus doux et la denture plus résistante.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. *Roue et vis sans fin.* Pl. XV, fig. 16.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à denture rentrante et vis sans fin.* Pl. XV, fig. 15.

489. Ces deux variétés d'engrenages produisent le même effet: l'engrenage à denture rentrante est doué d'une très-grande solidité, et jouit de la propriété de pouvoir, sans inconvénient, supporter une denture infiniment plus nombreuse qu'aucun autre engrenage. *Ramsden* en a fait une application à sa machine à diviser, dont le plateau contient 2160 dents. Nous décrirons cette ingénieuse machine dans le cinquième livre.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à denture interne et pignon roulant.* Planche XVII, fig. 12.

490. Cet engrenage a été inventé par M. *White* : le diamètre du pignon a est égal au rayon de la roue b, b. Le pignon est soutenu par l'axe brisé n, p, q, terminé par la manivelle m. Lorsqu'on tourne la manivelle, le pignon parcourt le contour intérieur de la roue b, b, et chacun des points de la circonférence trace un diamètre de la roue.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Roue tournante autour d'un pignon.* Pl. XVII, fig. 1.

491. Le pignon a, a, et la roue b, b, sont liés l'un à l'autre de manière que b, b a la liberté de se mouvoir autour de a, a, mais sans que les deux circonférences puissent se séparer l'une de l'autre. La denture de chacune de ces roues est double, comme on le voit en a (fig. 1), et est à recouvrement, c'est-à-dire, plein sur vide. On se sert de cet engrenage dans le méca-

nisme appelé *mouche*, des machines à vapeur, mécanisme dont nous nous occuperons bientôt.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à double denture, lanterne horizontale et lanterne verticale.*

492. La fig. 9, (Pl. XV), représente le plan et l'élévation de la roue de cet engrenage composé.

DIXIÈME VARIÉTÉ — *Roue d'angle à double denture agissant sur deux autres roues en sens divers.* Pl. XV, fig. 6.

On voit que les deux roues *a* et *b* font des angles plus ou moins ouverts avec la roue principale *c*.

493. Nous allons maintenant exposer quelques règles pratiques pour tracer les principaux engrenages que nous venons de décrire.

Engrenage d'une roue dentée et d'une lanterne.

494. Les diamètres d'un hérisson et d'une lanterne étant donnés, on trace le cercle où les dents et les fuseaux viennent en contact, et on divise les deux circonférences suivant le nombre des dents requises et l'épaisseur qu'on juge à propos de leur donner d'après le travail qu'elles sont destinées à faire (voyez fig. 15, Pl. XLII). Nous désignerons ces cercles par $A^1 B^1$, $A^2 B^2$; on divise un des espaces ou distances *a b c* en sept parties égales : ces divisions sont indiquées sur l'espace *b c* par les chiffres 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7. Trois de ces parties sont données pour l'épaisseur de la dent *b*, et quatre à peu près pour celle du fuseau *h* : car la lanterne étant d'un diamètre moindre que le hérisson, les fuseaux ont plus de travail à faire : on ne donne pas entièrement quatre parties au diamètre des fuseaux, afin de laisser un peu de

jeu : la hauteur de la dent doit être égale à quatre parties ; cette hauteur est ensuite partagée en cinq parties, dont trois (à compter de la jante ou courbe de la roue) déterminent la ligne ou cercle de contact, et les deux parties restantes, la pointe ou extrémité de la dent, laquelle devrait être arrondie en épicycloïde. Les constructeurs tracent en général les courbes de la dent de la manière suivante : ils placent la pointe de leur compas en *d* dans la dent *a*, et tracent la ligne 3 *f*; ensuite, portant le compas du côté opposé, ils tracent la courbe *d e*, et ils estiment que ces arcs coïncident presqu'avec la figure d'une épicycloïde.

Engrenage d'une roue de champ avec une lanterne. Pl. XLIII, fig. 16.

495. On appelle roues de champ celles dont les dents sont implantées sur les côtés des courbes, et sont perpendiculaires au plan de la roue. Leurs dents doivent avoir la courbe d'une cycloïde; on voit trois de ces dents *a b c*, fig. 16. Les lignes A' B' et A² B² sont divisées ici comme dans l'engrenage précédent ; le fuseau *h* a également près de quatre septièmes d'un intervalle ou division, et la dent *a* une épaisseur égale à trois septièmes. La hauteur de la dent est de même de quatre de ces parties, et sa largeur depuis *e* jusqu'à *d* aussi de quatre parties. On trace une ligne C D au milieu de la dent qu'on voit détachée, et on la divise en cinq parties dont chacune égale un tiers de l'épaisseur de la dent, ou enfin un septième d'intervalle; avec la pointe du compas dans la division *s*, on décrit la courbe *d e*; et, en répétant cette opération du côté opposé, on trace la ligne *g f*.

Engrenage de deux roues dentées. Pl. XLIII, fig. 17.

496. Il est important de former les dents de manière à ce que

la pression par laquelle une roue A en pousse une autre B autour de son axe, soit constamment la même. M. *De la Hire* est le premier qui ait appliqué les principes mathématiques à l'établissement des engrenages, il a fait voir, dans le IX[e] volume des *mémoires* de l'Académie, que, si on suppose la distance des centres des deux roues partagée en deux parties réciproquement proportionnelles au nombre de révolutions que doit faire chacune d'elles dans le même temps, et qu'ayant pris ces deux parties pour rayons, et décrit deux circonférences que l'on nomme circonférences primitives des roues, on fasse rouler une même courbe en dedans de la circonférence de la roue conduite et en dehors de celle qui mène, un point quelconque de cette courbe décrira sur chaque roue une autre courbe appelée épicycloïde, qui est telle que, si l'on taille les deux roues de manière à les denter selon la forme déterminée par les dernières courbes, la pression exercée par les deux roues qui s'engrènent au point de contact sera constante.

497. M. *de la Fontaine* (*a*) a proposé un moyen pratique très-commode pour donner aux dents qui composent les engrenages, les formes requises par la théorie. En observant, dit M. *de la Fontaine*, que, lorsque deux cercles roulent l'un sur l'autre, les deux portions de circonférence qui ont passé dans un même temps sont égales en longueur, on remarquera facilement que, si un ruban inextensible ou une lame flexible est entièrement roulée sur l'une des circonférences, et que son extrémité extérieure étant fixée à la circonférence du second cercle, on fasse rouler l'un des deux contre l'autre de manière que la lame qui les joint tous les deux se développe de dessus l'un

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 22.

pour s'envelopper sur l'autre, les deux cercles se comporteront l'un envers l'autre de la même manière que lorsqu'ils roulent mutuellement sur leurs circonférences.

Si donc, lorsqu'il s'agit de faire des modèles de roues, on trace leurs cercles primitifs, et qu'après avoir découpé une planche de manière à en former une portion du cercle primitif d'une des roues, on la fixe sur le tracé, il faudra former d'une autre planche une portion suffisante d'un cercle d'un diamètre moitié de celui de la roue qui doit engrener avec la première, et fixer sur chacune des circonférences l'extrémité d'une lame d'acier très-mince, très-flexible et garnie d'une petite pointe ou stylet qui, dans le mouvement des roues, servira à tracer les portions d'épicycloïde qui doivent déterminer la forme de la partie des dents extérieures au cercle primitif.

498. Ce procédé n'est ni long ni coûteux, et il est exact; parce que, en supposant que l'épaisseur de la lame dût entrer en compte, on peut par compensation diminuer le rayon du cercle primitif et celui du cercle générateur, de chacun la demi-épaisseur de la lame; le point traçant du stylet doit être au milieu de l'épaisseur de la lame, et pour cela on peut entailler le stylet dans le cercle générateur.

499. La fig. 18 (Pl. XLIII) représente cette méthode de tracer les dents des roues. Sur une planche bien dressée, on détermine d'abord les centres des roues, et on décrit les cercles primitifs. On fait ensuite sur chacune des circonférences les divisions convenables pour les dents, et qui sont prolongées suffisamment pour que les dents du pignon n'atteignent pas la portion de circonférence qui les termine, ce qui gênerait beaucoup et pourrait même empêcher entièrement le mouvement. On place exactement sur le tracé une portion A du cercle primitif de la roue,

et ayant fixé, au moyen de deux vis *a* et *b*, une petite lame d'acier très-flexible, d'un bout sur la portion du cercle primitif, et de l'autre sur un petit cercle d'un diamètre moitié de celui du pignon, on fait rouler le petit cercle contre le grand, en partant des points de division des dents, et le stylet du cercle générateur a décrit dans sa marche des portions d'épicycloïde, dont l'intersection avec celles décrites dans l'autre sens détermine la forme de la partie des dents extérieures au cercle primitif.

500. Les dents du pignon se déterminent de la même manière, en prenant pour premier cercle le cercle primitif du pignon, et pour cercle générateur un cercle d'un diamètre moitié de celui de la roue.

501. Cette même méthode peut également servir à la description des cycloïdes et des développantes. Il ne s'agit que de fixer l'une des extrémités de la lame sur une règle bien dressée, et l'autre extrémité sur la circonférence du cercle générateur.

502. M. *de la Fontaine* a démontré par l'expérience, devant une commission de société d'émulation de Rouen, que les roues dont les dents sont tracées par le moyen qu'il a imaginé, jouissent effectivement de la propriété de produire l'une sur l'autre constamment une pression de la même valeur. A cet effet, il fit monter deux roues, chacune sur un axe garni d'une poulie portant un petit fil de soie au bout duquel était suspendu un poids proportionnel au rayon primitif des roues; dans toutes les situations que l'on donna aux roues, par rapport à leurs dents, elles se trouvèrent toujours en équilibre, et par conséquent elles avaient toujours le même rapport de force et de vitesse.

Engrenages des roues d'angles. Pl. XV, fig. 5 et 6.

503. Le principe de la construction des roues d'angles ne con-

siste qu'à faire rouler les surfaces des deux cônes l'une sur l'autre. Si les cônes A et B, fig. 19 (Pl. XLIII), tournent sur leurs centres *ab*, *ac*, et que leurs bases soient égales, ils feront leurs révolutions dans le même temps : de même, des points à distances égales des centres *d*, comme d^1, d^2, d^3, d^4, tourneront dans le même temps que f^1, f^2, f^3, f^4. Si les cônes *a* et *b* fig. 20 ont leurs bases d'un diamètre double de celui des cônes A et B, lorsque ces derniers auront fait une révolution, les premiers n'auront fait qu'un demi-tour et les parties également éloignées du centre *a*, comme f^1, f^2, f^3, f^4, auront fait deux révolutions contre une de e^1, e^2, e^3, e^4.

504. Ainsi il ne s'agit que de canneler les surfaces des cônes, en divergeant depuis le centre *a* vers leurs bases, d'arrondir les angles des cannelures et d'en former des dents, et on aura des roues d'angles dentées: mais comme les cannelures qui approchent du sommet des cônes seraient trop faibles pour qu'on pût s'en servir utilement, il est bon d'en retrancher une partie. Quant aux dimensions des dents, elles sont variables suivant le travail qu'on désire faire exécuter par les mécanismes où l'on emploie ces roues; mais cette forme est on ne peut plus utile pour transmettre un mouvement danstoutes les directions possibles avec peu de frottement.

505. Supposons que la ligne *ab*, fig. 21, représente un arbre d'une roue; tracez la ligne *ed*, de manière à couper la ligne *ab*, dans la direction où l'on désire obtenir la transmission du mouvement, elle représentera l'axe de rotation; si l'on veut que l'axe *ed* fasse trois révolutions sur une de *ab*, il faut tirer la ligne *ii* parallèle à une distance quelconque, et la *kk* parallèle à la *ab* à une distance triple, et tracer la ligne ponctuée *wx* sur les points d'intersection des deux arbres *ab* et *ed*, et les points d'intersection des parallèles *ii* et *kk*, c'est-à-dire,

aux points x et y : ceci donnera la *ligne de travail* des deux roues d'angles, ou bien la ligne où les deuts de ces roues se trouvent eu contact, et agissent l'une sur l'autre.

506. Quoique cette méthode soit invariable, elle est longue. M. *Kelly* a imaginé un instrument très-simple pour remplir le même but : on le voit (Pl. XLIII, fig. 22). L'instrument est construit à peu près comme un compas à calibre; les branches ABC et DCE, sont réunies par le centre ou pivot 6, et leurs faces ou côtés intérieurs sont disposés de manière à faire l'intersection juste du centre, afin que les angles ABD et ECD soient égaux. Un quart de cercle divisé en 90 degrés depuis F jusqu'à B, est fixé sur l'extrémité de la branche B, et glisse dans une rainure à queue d'aronde dans l'extrémité de la branche opposée E; au moyen d'une vis de rappel placée en dessous, on l'arrête à volonté à la division nécessaire.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Engrenage produisant un mouvement circulaire alternatif.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Lanterne agissant sur deux roues de champ à demi-dentées.* Pl. XV, fig. 13.

507. L'inspection de la figure fait clairement concevoir que si la lanterne a tourne avec un mouvement circulaire continu, elle communiquera d'abord à la roue b le mouvement dans un sens, puis, cessant d'être en relation avec elle, elle engrènera avec la roue c, et lui imprimera un mouvement en sens contraire. Si l'on suppose que l'axe $m\ m$ des deux roues parallèles c et b tourne avec un mouvement continu, alors la denture de la roue c fera tourner la lanterne dans un sens, et celle de la roue b la fera tourner dans le sens opposé; de sorte que la lanterne a aura un mouvement circulaire alternatif.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue de champ à demi-dentée agissant sur deux lanternes.* Pl. XVI, fig. 24.

508. Les deux lanternes *a* et *b*, égales en dimension, sont placées sur le même axe *m m*, et reçoivent successivement l'action de la demi-denture *c*, qui les fait tourner en sens contraire, en supposant que la roue ait un mouvement continu; mais, si c'est au contraire l'axe *m m* qui a ce mouvement, alors la roue en recevra un mouvement alternatif.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Lanterne à demi-garnie agissant sur un segment de roue dentée, suivant le prolongement des rayons.* Pl. XVI, fig. 19.

509. La lanterne *a* ne produira que la première partie de l'oscillation, c'est-à-dire, elle ne pourra imprimer au segment de roue *b* qu'une élévation ou bien qu'une dépression; il faut ensuite qu'un contrepoids *d* achève cette oscillation, en ramenant le segment dans la situation primitive.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Pignon et roue à denture interne et externe.* Pl. XVIII, fig. 25.

510. Le pignon *a* est placé dans une rainure *m*, et a la faculté de se mouvoir le long de cette rainure. La roue *b* fixée sur une plate-forme circulaire est ouverte en *c*, et est dentée intérieurement et extérieurement. On conçoit que si l'on fait tourner le pignon, la roue tournera dans un sens, lorsqu'il agira sur la denture interne; et dans le sens opposé, quand il passera de cette denture à l'externe.

Obs. Cet engrenage est plus curieux qu'utile, à cause de la difficulté de faire des dentures qui lui soient parfaitement appropriées.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Deux roues concentriques agissant sur deux fragmens de roues, l'un à denture interne, l'autre à denture externe.* Planche XIX, fig. 19.

511. Les deux roues concentriques *a* et *b* sont fixées sur un même axe : la première agit sur la denture interne du secteur *c*; la seconde, sur la denture externe du secteur *d*, et ces deux secteurs sont mus simultanément en sens contraire. Il faut qu'il y ait le même rapport entre le rayon d'un des secteurs et celui de sa roue, comme entre les rayons de l'autre secteur et de l'autre roue.

OBS. Cet engrenage ingénieux est applicable aux mouvemens des branches d'une tenaille.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue de champ à demi-dentée agissant sur deux lanternes, l'axe desquelles porte une vis sans fin qui agit sur un segment de roue.* Pl. XVI, fig. 25.

512. La roue *a* communique un mouvement alternatif aux lanternes *b* et *d*. Une vis sans fin *x* fixée sur l'axe *m m*, commun aux deux lanternes, engrène avec le segment de roue *y*, qui en reçoit un mouvement alternatif.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Roue dentée et parallélogramme flexible.* Planche XVI, fig. 15.

513. Le parallélogramme *a b c d* est mobile dans les points *a b c d* : les roues produisent la première partie de l'oscillation, et le poids réacteur *p* la seconde.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Engrenage produisant un mouvement rectiligne alternatif.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roue et crémaillère.* Pl. XVIII, fig. 26.

514. Lorsqu'on fait tourner le pignon *a* dans un sens, la crémaillère *b b* monte; quand on le fait tourner en sens contraire, elle descend.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Pignon ordinaire et châssis denté extérieurement.* Pl. XVII, fig. 16.

515. Le pignon *a* est mobile le long d'une rainure *m*. On conçoit que si ce pignon agissant sur la denture *x*, élève le châssis, il l'abaissera lorsqu'il engrènera avec la denture opposée *y*. Au lieu de rendre le pignon mobile dans la rainure *m*, on peut donner au châssis *x y* un mouvement latéral, l'éloigner et le rapprocher du châssis extérieur *l g*, en se servant du moyen analogue à celui employé dans l'instrument à deux règles parallèles dont se servent les dessinateurs, et qui est représenté, Pl. XXI, fig. 17.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Pignon ordinaire et châssis denté extérieurement* Pl. XVIII, fig. 30.

516. Le pignon *a* étant mobile dans la rainure *m*, peut librement circuler autour de la denture *x y*, et passer alternativement de droite à gauche et de gauche à droite, imprimant à la pièce *q q* un mouvement rectiligne de va et vient.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Pignon denté sur une demi-épaisseur et en deux sens, engrenant avec un châssis denté intérieurement.* Pl. XIX, fig. 13.

517. L'épaisseur du pignon *a* est double de celle de sa den-

ture, et la moitié de cette denture se trouve au niveau de la face supérieure du pignon, tandis que l'autre moitié est dans le plan de l'inférieur. La denture x du châssis n'est pas non plus dans le même plan que celle y; mais l'une et l'autre correspondent exactement aux demi-dentures du pignon; de sorte que x, qui engrène avec la première moitié du pignon, n'a aucune prise sur l'autre; et, au contraire, y ne peut engrener qu'avec la seconde moitié; ainsi, en supposant que la première fasse monter le châssis, il est évident que la seconde le fera descendre.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Châssis denté intérieurement, et roue à demi-dentée.* Pl. XVII, fig. 2.

518. Cet engrenage, plus simple que ceux des trois variétés précédentes, produit cependant le même effet. Il est d'une exécution plus facile, et est moins sujet à se disloquer.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Crémaillère et roue à demi-dentée.* Pl. XVI, fig. 13 et 14.

519. Cet engrenage exige l'action subsidiaire d'un poids reacteur pour pouvoir compléter les oscillations, n'ayant que la simple faculté de produire une élévation ou un abaissement.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Deux lanternes à demi-garnies agissant sur deux crémaillères.* Pl. XVII, fig. 3.

520. Les deux lanternes a et b de même dimension, et ayant un axe commun $m\ m$, communiquent alternativement un mouvement d'élévation et de dépression aux crémaillères c et d; les fuseaux de ces lanternes doivent être disposés de manière qu'une seule puisse engrener à la fois, et que la seconde ne commence à agir que lorsque la première a entièrement fini.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Deux roues à demi-dentées agissant sur une lanterne dont l'axe porte une seconde lanterne qui engrène avec une roue dentée.* Planche XVI, fig. 26.

521. Supposons que l'axe *m m* soit mu avec un mouvement continu; il est évident que les demi-roues *a* et *b* communiqueront un mouvement alternatif à la lanterne *d*, et conséquemment à la seconde lanterne *f*; de son côté, cette lanterne *f* donnera un mouvement rectiligne alternatif à la crémaillère *g g*.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Deux roues à demi-dentées engrenant avec une lanterne, roue dentée agissant sur deux autres lanternes, et vis qui agissent sur un balancier.* Pl. XVII, fig. 4.

522. Cet engrenage, que l'on trouve dans le *Recueil de Ramelli*, a le défaut d'être excessivement compliqué. Si l'axe *m m* se meut circulairement, il communiquera, au moyen des deux roues à demi-dentées, un mouvement de rotation alternatif à la lanterne *a* et à la roue *b*, dont la denture est complète; celle-ci communique un mouvement analogue aux lanternes *c d*, l'axe de chacune desquelles est terminé par une vis *f* et *g*. Un balancier *x y*, ayant le centre de rotation en *r*, est terminé, à ses extrémités, par deux anneaux circulaires, dans lesquels sont placés les écrous *s s'* mobiles autour d'un axe placé dans des rainures *t t'*; par cette disposition, les vis *f*, *g* feront, en tournant, mouvoir le balancier *x y*, sans cesser d'être exactement verticales.

DIXIÈME VARIÉTÉ. — *Lanterne engrenant avec deux roues demi-dentées, l'axe de la lanterne porte deux vis sans fin agissant sur deux crémaillères.* Pl. XVII, fig. 5.

523. L'axe *m m* porte une lanterne *a*, et deux vis sans fin

b et *c* placées cependant en sens contraire; la lanterne engrène avec les roues demi-dentées *c* et *d*; et les vis *b*, *c* avec les crémaillères *f*, *g*. Cet engrenage mis en mouvement produit l'effet d'élever et d'abaisser simultanément les règles *f* et *g*.

ONZIÈME VARIÉTÉ. — *Roues et deux crémaillères.* Pl. XIX, fig. 7.

524. La roue élève une des crémaillères et abaisse l'autre en même temps; mais cette roue doit avoir un mouvement circulaire alternatif, dont les vibrations seront proportionnées à l'espace que l'on veut faire parcourir aux crémaillères.

DOUZIÈME VARIÉTÉ. — *Pignon et deux roues à manivelle.* Pl. XIX, fig. 12.

525. Les deux roues *b* et *c* doivent être entièrement égales; l'axe de chacune d'elles porte une manivelle 1 et 2; des tringles 3 et 4 sont attachées à charnière au bout de chacune des manivelles, et elles portent la plaque horizontale 5, qui est traversée par la tige verticale *d*. Le pignon *a* engrène avec la roue *b*, et celle-ci avec sa voisine *c*; de sorte que, si le pignon tourne avec un mouvement continu, les roues *b* et *c* mettront en mouvement les manivelles 1 et 2 : celles-ci entraîneront les tringles 3 et 4, la plaque 5 et la tige verticale *d*. Ainsi le mouvement circulaire continu du pignon produit le mouvement rectiligne alternatif de la tige, et réciproquement le mouvement de la tige communiquera, s'il le faut, le mouvement continu au pignon et au volant *m*.

APPLIC. Dans plusieurs machines à vapeur, on a employé ce mécanisme avec beaucoup de succès; et on a pu, de cette manière, supprimer l'énorme attirail du balancier si coûteux et si nuisible, par la quantité considérable de force que son frottement et son inertie absorbent en pure perte.

TREIZIÈME VARIÉTÉ. — *Pignon, segment de roue et crémaillère.* Pl. XIX, fig. 16, 17 et 22.

526. Ce mécanisme au moyen duquel on produit deux mouvemens rectilignes alternatifs opposés et simultanés, est employé dans les fonderies pour mettre en mouvement les deux pistons des machines soufflantes à double effet. Les fig. 16, 17 et 22, représentent trois manières différentes de disposer ce mécanisme; dans toutes on voit une roue *a* qui engrène à la fois avec la crémaillère *b* et avec le segment de roue dentée *c* appliqué à un balancier; un autre balancier *f*, placé en dessus, communique au moyen d'une tringle avec le précédent, ou bien encore il communique avec la crémaillère *b* (Fig. 22). On conçoit aisément, par la simple inspection des figures, que si l'on fait tourner le pignon *a*, la crémaillère *b* élèvera ou abaissera l'un des pistons, tandis que le segment denté et son balancier feront mouvoir en sens contraire le second piston.

QUATORZIÈME VARIÉTÉ. — *Segmens de roues appliqués à deux leviers.* Pl. XX, fig. 21.

527. Ce mécanisme produit d'une manière plus simple le même effet que produisent ceux de la variété précédente, avec cette différence cependant, que le pignon, qui en est le premier mobile, a un mouvement continu, et que dans celui-ci, le premier mobile ne peut avoir qu'un mouvement alternatif. Si l'on veut que les deux tiges *a* et *b* se meuvent constamment dans la même ligne verticale, il faudra placer des gorges circulaires à l'extrémité des leviers *x*, *f*, et rendre flexible la partie supérieure de ces tiges, en y plaçant des bouts de chaînes; mais, dans ce cas, on sera obligé de se servir de poids réacteurs pour produire la descente.

QUINZIÈME VARIÉTÉ. — *Étoile et levier courbe.* Pl. XVI, fig. 23.

528. Ce mécanisme produit un mouvement alternatif dont les petites vibrations sont très-rapides; on aperçoit, derrière le levier *f*, un ressort réacteur.

CHAPITRE II.

Des excentriques.

529. Je donne le nom générique d'*excentriques* aux organes doués d'un mouvement continu de rotation, et qui communiquent, sans engrenage, un mouvement alternatif à une tringle ou à un autre organe analogue. Je les appelle excentriques, parce qu'ils agissent hors du centre de rotation, à un point plus ou moins éloigné.

GENRE DEUXIÈME. — Des communicateurs excentriques.

Ce genre contient deux seules espèces, les excentriques proprement dits et les manivelles.

PREMIÈRE ESPÈCE — *Excentriques proprement dits.*

530. Les excentriques proprement dits ne sont autre chose qu'une cheville saillante sur la surface plane d'une roue, et placée à un éloignement déterminé du centre. Quelquefois la tige sur laquelle la cheville doit agir, porte à son extrémité un anneau qui embrasse la cheville sans l'empêcher de se mouvoir; dans ce cas, si on fait tourner la roue à laquelle la cheville est appliquée,

la tige aura un mouvement de va et vient, mais en même temps elle sera obligée de dévier continuellement de sa direction; cette déviation est souvent un inconvénient; on l'évite en se servant de la méthode indiquée, fig. 7 (Pl. XVI). La tige *m m* est placée entre les rouleaux *p p p p* qui lui interdisent tout autre mouvement que le vertical; la tige *m m* s'élargit par le bas, et forme une sorte de plaque *q q* dans laquelle est percée une rainure; la cheville excentrique *x* entre dans cette rainure, de sorte que, si la roue tourne, elle en parcourt la longueur, et elle fait monter et descendre alternativement la tige *m m*.

530 (bis). La fig. 29 (Pl. XVIII) représente un mécanisme dans lequel est employé un excentrique, et qui a été appliqué à une machine destinée à arrondir les dents des roues (Voyez les *Annales des arts et manufactures*, tome 15, où elle est décrite). Un levier *m m* a son centre de rotation en *o*, et est percé de deux rainures 1 2 et 3 4; la première est traversée par la cheville excentrique de la roue *a*; la seconde est traversée par un boulon *f* qui traverse en même temps une autre rainure 5 6 faite dans une pièce horizontale *b b*: le levier *m m* porte à une de ses extrémités un secteur denté qui engrène avec la règle dentée *d d*; à l'autre extrémité est attachée la corde du poids *p*. Si la roue *a* tourne, l'excentrique agira sur le levier *m m*, lequel communiquera simultanément un mouvement rectiligne à la tige *d d*, au poids *p* et au boulon *y*.

530 (ter). On voit (Pl. XIX), fig. 5, un autre mécanisme à excentrique, que *Vaucanson* a appliqué aux dévidoirs à soie. *m*, est une manivelle qui fait mouvoir la lanterne *a* engrenant avec la roue dentée *b*; cette roue porte une cheville excentrique *c* qui, au moyen de la tringle *d*, communique un mouvement de va et vient au levier coudé *p q*, lequel a son centre de rotation en *o*, et a une de ses extrémités retenue dans une coulisse *n*.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Manivelles.*

531. Les manivelles diffèrent des excentriques, en ce qu'elles ne sont pas appliquées immédiatement sur la surface plane de la roue; au contraire, elles peuvent en être éloignées plus ou moins, suivant le besoin. Il y a des manivelles simples; il y en a de doubles et de triples; il y en a aussi à longueur changeantes, et d'autres à rouleau.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Manivelle simple.* Pl. XVI, fig. 1, 6 et 11.

532. Dans les fig. 1 et 6, la manivelle *a*, par l'intermédiaire de la tringle *b*, communique un mouvement de va et vient à la tige verticale *c*, laquelle s'éloignera de la ligne qu'elle doit parcourir, si elle n'y est maintenue par les rouleaux *p p p p* (fig. 6). La fourchette *b*, que l'on voit dans la fig. 11, reçoit un petit mouvement alternatif de pulsation par une manivelle coudée *a* qui entre au milieu de ses branches, et qui pousse, en tournant successivement l'une puis l'autre. La fig. 12 (même planche) indique une manivelle *a* qui, au moyen de la tringle *b*, donne un mouvement alternatif circulaire au balancier *c*. Les fig. 14 et 15 (Pl. XIX) représentent une manivelle qui communique simultanément le mouvement à plusieurs tiges verticales.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelle double.* Pl. XVI, fig. 2.

533. On appelle manivelle double celle qui, étant repliée deux fois, peut agir simultanément sur deux tiges dont l'une s'élève tandis que l'autre descend.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelle triple*. Pl. XVI, fig. 3 et 4.

534. La fig. 3 indique le profil, et la fig. 4 la face de cette manivelle repliée trois fois, et qui agit sur trois tiges. Les trois coudes doivent être disposés de manière qu'étant vu de profil, ils divisent en trois parties égales la circonférence sur laquelle leur projection est rapportée.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelles à longueur changeante*. Pl. XVI, fig. 5,

535. La fig. 5 (Pl. XVI) représente une méthode facile de varier à volonté le coude d'une manivelle destinée à mettre en mouvement une tige. — *m m*, est l'axe de rotation interrompu par le coude de la manivelle. — *a a*, est la partie de la manivelle sur laquelle la tige *d* est appliquée; cette partie est réunie à l'axe *m m* par quatre branches parallèles *p p* et *q q*. Les branches *p p* sont fixées à l'axe *m m*, et elles traversent *a a*; les autres *q q* sont au contraire fixées en *a a*, et traversent *m m*; elles sont toutes percées de plusieurs trous dans lesquels on passe des boulons pour les arrêter.

536. Les fig. 3 et 4 (Pl. XIX) indiquent la forme d'une manivelle à tringle changeante destinée à produire immédiatement la rotation d'une meule ou d'un autre organe analogue. Cette manivelle, représentée fig. 4, est environnée d'un anneau *a a* à rebord, et composée de deux pièces; la tringle *b*, fig. 3, est de trois pièces sans compter les *frettes*; la première pièce 1 est annexée au levier *m m*, et est mobile en *o*; les deux autres pièces 3 et 4 sont réunies à la charnière en *x*; trois frettes servent à réunir ces pièces ensemble. On voit que par cette construction on peut approcher plus ou moins la pièce 1 de la 3, et raccourcir ou allonger ainsi la tringle.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Manivelle à rouleau.* Pl. XIX, fig. 20 et 21.

537. La manivelle *m m* porte un rouleau *p*, fig. 20, lequel entre dans l'ouverture *x x*, pratiquée dans un levier qui a son centre de rotation en *r*, et qui agit sur une tige *q*. La manivelle en tournant communique un mouvement circulaire alternatif au levier *v x x*, et le levier transmet son mouvement à la tige *q*.

SIXIÈME VARIÉTÉ. *Manivelles composées, disposées circulairement.* Pl. XXII, fig. 6 et 7.

538. J'appelle ainsi une combinaison de plusieurs manivelles *a a a a*, etc., réunies par un plateau tournant *b b*, destiné à leur communiquer des mouvemens de rotation simultanés, lorsqu'il sera lui-même mû par un agent appliqué à une autre manivelle *m* qui lui est adaptée.

SEPTIÈME VARIÉTÉ.—*Manivelles composées, disposées en ligne directe.* Pl. XXII, fig. 8.

539. Les manivelles *a a a a*, etc., sont réunies et mues par une tringle droite *b b*. Ainsi la tringle substituée au plateau est la seule différence qui distingue cette variété de la précédente.

540. Obs. Les excentriques en général sont défectueux, parce que leurs efforts ne sont pas constamment les mêmes. Les manivelles triples ou à tiers-point, quoique moins imparfaites que les autres, le sont encore beaucoup. Car, supposons que les trois tiges C A, C B, C D (Pl. XLIII, fig. 8.) représentent les trois rayons d'une manivelle à tiers-point, tournant de A vers B, dès que le point B est arrivé à sa plus grande élévation, il ne fait plus aucun effort, non plus que le coude D qui des-

cend. Le coude A agit donc alors tout seul jusqu'à ce que le coude D soit parvenu en E; alors le coude A se trouvera en F, et son bras de levier se sera allongé, et ensuite raccourci selon les rapports des sinus A I, G I, G' I', etc., depuis 60° degrés jusqu'à 90, ce qui fatigue beaucoup plus la machine que si les efforts étaient égaux, et d'autant plus que le poids s'élève plus rapidement dans cette partie de la circonférence décrite que dans toute autre.

541. Ce défaut est bien plus considérable aux manivelles simples sur l'axe desquelles on est obligé d'établir des volans chargés de plomb, qui, recevant une quantité de mouvement de la part de la puissance, pendant le demi-tour dans lequel la manivelle n'est pas chargée, aident la puissance à surmonter la résistance du poids pendant l'autre demi-tour.

Outre le défaut capital dont nous venons de parler, les manivelles ont encore celui de donner aux tiges des obliquités de droite et de gauche, en les faisant dévier de la verticale dans laquelle elles devraient toujours être maintenues.

Les manivelles, surtout celles à tiers-point, sont sujettes à casser, à cause de la longueur que leur donnent tous leurs détours, quoiqu'on les fasse pour l'ordinaire très-fortes, et par conséquent lourdes et coûteuses; on trouve d'ailleurs peu d'ouvriers capables de les bien faire.

CHAPITRE III.

Des plans curvilignes et inclinés.

542. Les imperfections des excentriques on fait rechercher d'autres moyens d'obtenir les mêmes communications de mouvement.

GENRE TROISIÈME. — Des communicateurs.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Courbes tournantes.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Ovales* du chevalier Morland. Pl. XVI, fig. 17 (*a*).

543. Le chevalier *Morland* proposa de substituer des ovales aux manivelles pour mettre en mouvement les pistons des pompes. Il appela ses ovales, *figures ciclo-elliptiques*, et les adapta à un axe tournant comme celui d'une manivelle, pour faire hausser et baisser des balanciers. D'autres, au lieu d'ovales qui font chacun donner deux coups de piston par chaque tour que l'axe fait, mirent deux ou trois cercles sur un même arbre, mais enarbrés excentriquement, pour ne faire donner qu'un coup de piston à chaque tour.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Courbes de* Déparcieux. Pl. XXI, fig. 22 et 23.

544. Ces courbes, qui ont l'avantage de produire des efforts uniformes, ont aussi ceux, d'occasioner moins de frottemens; de pouvoir être beaucoup plus solides que les manivelles, et moins coûteuses. Elles sont construites d'après les principes suivans :

(*a*) *Mémoires de l'Académie des sciences*, an 1747.

Première courbe.

545. Supposons (Pl. XLIII, fig. 4) une puissance appliquée à un bras de levier constant, comme serait une manivelle qui décrirait, par exemple, la circonférence A U T, laquelle puissance soit capable de faire monter un poids de A en M, dans le temps qu'elle parcourra le quart V A de la circonférence; il s'agit de rendre égaux les efforts qu'elle a à faire à chaque instant. Si ce poids en s'élevant doit parcourir une ligne droite verticale, il faut qu'à chaque instant le produit du poids par sa marche soit égal au produit de la puissance par sa marche. Pour cela, on divise la ligne A M en un nombre arbitraire de parties égales A N, N Q, Q Z, etc.; on divise aussi l'arc A V en autant de parties égales AB, BD, DE, etc., que la ligne A M, et on mène les rayons C B, C D, C E, etc, en faisant CG = CN, C H = CQ, C I = CZ, etc.; et en faisant passer par les points A, G, H, I, etc., une courbe, on aura une portion de spirale d'Archimède qui satisfera à la condition recherchée. Il est clair que lorsque le point B sera parvenu en A, le poids sera en N; lorsque le poids D sera parvenu au même point A, le poids sera en Q etc. Or, A B : A D :: A N : A Q; les marches de la puissance et celles du poids sont donc proportionnelles. Ainsi, s'il y a un instant auquel la puissance soit au poids comme la marche du poids est à celle de la puissance, la même proportion se trouvera dans tous les instans, et les quantités de mouvement seront toujours égales; mais on pourra objecter que les effets produits aux extrémités des leviers variables C B, C L, C O, etc., par une puissance appliquée à un bras de levier constant, doivent aller en diminuant dans la raison réciproque de l'allongement des bras de levier C B, C L, C O, etc.; et ces effets produits en B, L,

O, etc., devenant les puissances qui poussent parallèlement à leurs bases les petits plans inclinés A B G, G L H, H O I, etc., ne doivent pas produire des quantités égales de mouvement : il faut observer à cet égard que ces petits plans deviennent plus inclinés à mesure qu'ils s'éloignent du centre C; car, tandis que les hauteurs L H, O I, R K, etc., restent égales, les bases G L, H O, I R, etc., vont en augmentant dans la même raison que les bras de levier C L, C O, C R, etc., ou, selon la raison réciproque de la diminution des efforts ou des puissances qui les poussent en L, O, R, etc.; car l'effort qui se fait en B est à celui qui se fait en R, réciproquement comme le bras du levier C R est au bras de levier C B, ou comme la base R I du plan incliné I K est à la base B A du plan incliné A G; le produit de la base R I par l'effort qui se fait en R, est donc égal au produit de la base B A, par l'effort qui se fait en B; car ces produits sont l'un et l'autre les quantités de mouvement de la puissance qui soutiendrait un poids sur ces plans inclinés ; elles seront les mêmes, en quelque endroit de la spirale A H K P qu'on suppose le poids. Donc, si la puissance est capable de soutenir le poids en équilibre en quelque endroit de la courbe, elle le soutiendra partout ; et si elle le met en mouvement en quelque endroit, elle l'y mettra partout.

Deuxième courbe.

546. On suppose que le poids que l'on veut élever doive parcourir un arc de cercle, comme le font les extrémités des leviers mus par les ovales; la courbe qui doit procurer ce mouvement est bien encore une sorte de spirale, mais moins régulière que la précédente.

547. Soit A B (Fig. 5, Pl. XLIII) un levier ou balancier

mobile autour du point A; on suppose ce levier horizontal, avant que la courbe ait commencé à faire mouvoir le poids qu'on veut faire monter de B en K par une continuité de plans inclinés, appliqués sur une portion de la circonférence B O Y, dans le même temps que la puissance parcourra la moitié de cette circonférence, soit qu'elle tourne d'un sens ou de l'autre. Supposons premièrement qu'on veuille faire arriver successivement au point B les points M, N, O, etc. Menez la corde B K de l'arc que doit parcourir l'extrémité du bras de levier A B. Divisez-la en autant de parties égales que vous voudrez, et par tous les points d'intersection L, L, E, etc. Menez les lignes L G, L H, L I, etc., parallèles à A B, ou à une ligne horizontale passant par le point B, au cas que le levier A B ne le fût pas; ces lignes couperont l'arc B K aux points G, H, I, etc., ce qui est la même chose que si on avait divisé en parties égales la perpendiculaire abaissée du point K sur la ligne horizontale qui passerait par le point B. Menez par le centre C et par les points G, H, I, etc., les lignes C G, C H, C I, etc., coupant la circonférence du premier cercle aux points D, E, F, etc.

Menez le diamètre B Y, divisez la demi-circonférence B O Y en autant de parties égales B M, M N, N O, etc., que la corde B K; prenez ensuite l'arc B D, et le portez de O en *o*, etc.; menez les lignes indéfinies C *m*, C *n*, C*o*, etc., que vous ferez égales, savoir: C *a* à C G; C *b* à C H, C *d* à C I, etc.; faites passer une courbe par les points B *a* *b* *d* Z; elle fera monter ce poids proportionnellement à la marche de la puissance: car il est clair que lorsqu'il aura fait arriver le point M en B, le point *m* sera en D, et le point *a* en G où se trouvera par conséquent le poids qui était d'abord en B; lorsque le point N sera aussi arrivé en B, le point *n* sera en E, et le point *b* en H où se trouvera le poids qui était ci-devant en G, et ainsi des autres jusqu'à

ce que la demi-circonférence B O Y soit entièrement passée; alors le point Y se trouvera en B, le point V en X, et le point Z en K où sera par conséquent le poids. Ainsi, la puissance faisant passer par le point B des parties égales quelconques de la demi-circonférence B O Y, fait monter le poids de parties semblables de la hauteur où l'on veut l'élever.

548. Si la puissance devait tourner du côté opposé, il faudrait diviser la ligne B K et la demi-circonférence B Q Y, en autant de parties égales l'une que l'autre aux points L, L, L, etc., P, Q, R, etc.; mener, comme ci-devant, les lignes L G, L H, L I, etc., C G, C H, C I, etc.; porter l'arc B D de P en p, l'arc B E, de Q en q, l'arc B F de R en r, etc.; mener les lignes C p, C q, C r, etc.; faire Cf = C G, C g = C H, C h = C I, etc.; et mener la courbe B f g h Z, qui fera le même effet que la précédente, car, lorsque le point P sera arrivé en B, le point p sera en D et le point f en G où se trouvera par conséquent le poids qui était d'abord en B. Lorsque le point Q sera parvenu en B, le point q sera en E, et le point g en H où se trouvera le poids; ainsi, ce poids monte encore proportionnellement à la marche de la puissance, qui est ce qu'on s'était proposé.

549. L'on voit que, de quelque côté qu'on tourne, lorsque la puissance a parcouru une demi-circonférence, le poids a monté de la quantité proposée, quoique ces deux courbes inclinées n'aient pas des bases égales; car la première a pour base l'arc B O V plus grand que la demi-circonférence; et la seconde n'a que l'arc B Q V qui est moindre d'autant, quoique l'une et l'autre conduisent le poids à la même élévation; mais l'une a sa pente plus douce que l'autre, et cela doit être ainsi; car l'on sait que plus l'angle aigu fait par un plan incliné et la ligne de la direction de la puissance qui y soutient un poids est grand, plus ce

plan doit être incliné ou aigu, la puissance qui retient le plan et le poids, restant la même. Or, A B doit être regardé comme la direction de la puissance qui soutient le poids; il est aisé de voir qu'elle fera toujours avec la courbe B *b* *d* Z des angles plus grands qu'avec la courbe B*g* *h* Z.

550. De ce que la puissance qui soutient le poids sur le plan a de plus grands efforts a faire, à mesure que l'angle aigu, fait par sa direction et le plan incliné, est plus grand, ou que sa direction approche le plus d'être perpendiculaire au plan incliné, il suit que de toutes les positions que le point B peut avoir dans la demi-circonférence S B T, les plus désavantageuses sont celles qui seront les plus proches des points S, T, parce que la direction A B de la puissance qui soutient le poids, approche d'autant plus d'être perpendiculaire au plau incliné ou à la courbe, que le point B sera plus près des points S, T, et les petits plans inclinés deviennent alors d'autant plus aigus. Il suit encore de la même raison, que la position du point B la plus avantageuse, est celle où la corde B K, fig. 6, de l'arc décrit par l'extrémité du balancier, étant verticale, son prolongement passe par le centre C autour duquel tourne l'onde. Dans ce cas ci, les courbes ont chacune une demi-circonférence pour base, parce que le point le plus éloigné du centre et celui qui est le plus près, se trouvent diamétralement opposés; c'est le cas où les courbes diffèrent le moins entre elles, parce que les arcs qu'on a à porter à droite ou à gauche des divisions faites sur les deux demi-circonférences, sont fort petits, et qu'ils se réduisent à zéro vers le commencement et vers la fin. Ces courbes différeront d'autant moins, que la levée B K sera moindre, et le centre A du balancier plus éloigné, tellement qu'elles seraient parfaitement égales si le point A était infiniment loin, parce que l'arc B K deviendrait alors une ligne droite, et les courbes seraient

de vraies spirales d'Archimède; alors, de quelque côté qu'on tournât, il arriverait qu'à des distances égales du commencement B, les angles faits par la direction A B du levier, et l'une et l'autre courbe, seraient les mêmes, ce qui ne peut pas être dans tout autre cas; mais la différence est peu de chose.

551. La fig. 6 représente la courbe qu'on doit employer au lieu d'un cercle excentrique. Si on fait sur des quarts de circonférence ce qu'on a fait ici sur des demi-circonférences, on aura les figures qu'on doit employer, au lieu d'ovales, comme la fig. 7 l'indique.

Troisième courbe. Pl. XLIII, fig. 9.

552. Soit A B un levier mobile autour du point A, portant un poids à l'extrémité B, qu'on veut faire monter en K, par le moyen de la manivelle ou mentonnet C O, dans le temps que ce même mentonnet décrira l'arc O L, ou par le mentonnet C D, tournant du sens opposé pour décrire l'arc D L, de manière que ce poids monte également en temps égaux.

Menez la corde B K; divisez-la en un nombre quelconque de parties égales, et menez, par les points de division, les lignes V P, V Q, V R, etc., parallèles à A B, que je suppose horizontale. Ces lignes couperont l'arc B K aux points P, Q, R, etc., par lesquels, et par le centre A, vous mènerez autant de lignes A P, A Q, A R, etc. Divisez les arcs O L, D L, chacun en autant de parties égales que la ligne B K, et vous ferez passer par les points de division E, F, G, etc., autant d'arcs de cercle E N, F N, G N, etc., décrits du centre A. Prenez l'arc *N a*, et le portez de E en *m*; prenez l'arc N *b*, et le portez de F en *n*; prenez l'arc N *c*, et le portez de G en *o*; prenez N *d*, et le portez de H en *p*, etc., par tous les points trouvés de la sorte; et de

proche en proche, on fera passer les deux courbes D o r, O s r, qui feront l'effet qu'on demande.

Il est aisé de voir que, quand le mentonnet C D aura parcouru l'arc D E, le point m de la courbe se trouvera au point E, et le point N en a, parce que N m = E a, le levier A B aura pris la situation A P, et le point B sera en P. Quand l'extrémité D du mentonnet C D sera arrivée en F, le point n de la courbe y sera aussi; et, par la même raison que ci-dessus, le levier A B aura pris la situation A Q, et ainsi des autres. L'on voit donc que les quantités, dont le poids sera monté en quelque temps que ce soit, seront toujours entre elles comme les chemins parcourus par la puissance.

553. En quelque endroit que soit le poids B, c'est toujours la corde de l'arc qu'il décrit qu'il faut diviser également, sans prendre garde s'il est loin ou près de l'arc D L O, décrit par le mentonnet. La fig. 10 fait voir la différence qu'il y a entre ces courbes, selon que le poids est entre le point A, et le chemin décrit par le mentonnet entre le point A et le poids; les courbes D H O ont été tracées, en supposant le poids décrire l'arc E F, et les courbes D G O, en supposant le poids décrire l'arc B K. Comme dans le second cas, le bras du levier du poids est plus long que dans le premier, les courbes sont beaucoup plus douces, et les petits plans inclinés beaucoup plus aigus que dans l'autre.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Cercle excentrique tournant.* Pl. XXII, fig. 25.

554. Le cercle a est renfermé dans une espèce d'arcade $b\,b$, et est adapté à la roue d. L'arcade $b\,b$, fixée sur la traverse $m\,m$, est entraînée par le cercle toutes les fois qu'il tourne, et en reçoit un mouvement de va et vient.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Rainure circulaire excentrique.* Pl. XVII, fig. 7.

555. Le plateau circulaire *a*, dont le centre de rotation est en *c*, porte une rainure également circulaire, mais excentrique; l'extrémité de la tige *m m* entre dans cette rainure; à cet effet, elle porte à son extrémité une partie saillante *d*; et, pour que l'axe *c* ne puisse empêcher le mouvement, cette tige, au-dessus de la partie *d*, se déploie en deux branches et forme une espèce d'anneau. On conçoit que le mouvement circulaire du plateau doit communiquer à la tige un mouvement de va et vient.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Cylindre à double rainure spirale.* Pl. XVII, fig. 15.

556. Sur la surface convexe du cylindre (*a*), deux rainures se croisent en sens contraire, et se réunissent aux deux extrémités: ce sont, comme on le voit, deux hélices qui enveloppent le cylindre, et dans lesquelles entre une petite tige *d*, qui en reçoit un mouvement alternatif rectiligne, dont la longueur des oscillations est égale à la distance qu'il y a entre les deux points extrêmes de réunion des hélices. M. *Sureda* est l'inventeur de ce mécanisme.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Plans inclinés tournans.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Roues à ondes.* Pl. XVI, fig. 18.

557. Les bords de la roue à ondes, fort élevés, sont découpés comme la fig. 18 l'indique (a): cette découpure forme une série de plans inclinés égaux qui se suivent sans interruption. On voit que, si la roue étant en mouvement, les *ondes* ou plans

(a) *Essai sur la composition des Machines*, par MM. Lanz et Bettancourt.

inclinés agissent sur un ou sur plusieurs mobiles; ils les abaisseront successivement, et produiront la première partie d'un mouvement de va et vient, qui sera ensuite complété par des poids réacteurs. Le nombre des oscillations produites à chaque révolution de la roue sera égal à celui des ondes.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Plateaux tournans.* Pl. XVII, fig. 6.

558. Les mentonnets *b* de plusieurs tiges verticales *a a*, s'insinuent entre deux plateaux obliques qui, en tournant, leur communiquent un mouvement alternatif de va et vient.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Plans inclinés disposés autour d'une charpente cylindrique tournante.* Pl. XV, fig. 18.

559. La figure représente un fragment d'un moulin de Piémont à organsiner la soie, dans lequel on a fait une application de ce mécanisme. Ce moulin, que nous décrirons amplement dans le Traité spécial des machines à confectionner les étoffes, ce moulin, dis-je, a deux parties toutes les deux cylindriques: l'une extérieure et fixe, porte les bobines et les dévidoirs; l'autre intérieure et mobile est destinée à les faire tourner: c'est sur cette dernière que sont placés les plans inclinés *a a a*, disposés sur plusieurs rangs. Ces plans, en tournant, rencontrent successivement les *mentonnets* ou parties saillantes *b b b* des dévidoirs, et ils leur communiquent le mouvement; d'un autre côté, les bobines *d* sont mues par des cercles tournans horizontaux qui, en frottant contre leur tige, la font tourner rapidement.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Roue garnie à sa circonférence de plusieurs plans inclinés*. Pl. XVII, fig. 8.

560. Elle agit alternativement sur les bascules *m n*, qui de leur côté communiquent à la tige *q* un mouvement de va et vient.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Plan incliné fixe sur lequel une bièle ou un autre organe est mis en mouvement.*

561. On trouve dans le Répertoire des arts et manufactures, publié à Londres, une machine très-ingénieuse, où l'on a fait l'application de ce mécanisme représenté fig. 6 (Pl. XIX); un excentrique appliqué à la roue *a*, communique, au moyen de la tringle *b*, le mouvement à la bièle *d*, qui, avec sa partie inférieure, garnie d'une roulette *o*, parcourt le plan incliné *m m*, et agit avec sa partie supérieure sur le balancier auquel elle fait décrire des oscillations dépendantes de l'inclinaison du plan incliné, qu'on peut faire varier au moyen de la vis *x*. Un régulateur F, que nous décrirons dans le livre cinquième, est adapté à ce mécanisme.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Cames à pilons.*

562. On appelle en général *cames*, les dents ou parties saillantes que l'on adapte à un arbre tournant, pour communiquer un mouvement alternatif aux tiges verticales des pilons ou à des bascules; les cames qui agissent sur ces dernières ne font point partie de cette espèce, et elles en forment une à part.

M. *Lefroy* a fait insérer dans le Journal des Mines de l'an 11, un excellent Mémoire où il donne la théorie et les détails de

construction des cames à pilons, dont on fait un grand usage dans les arts. Nous rapporterons quelques-uns des principaux résultats contenus dans le Mémoire de cet habile ingénieur.

On distingue trois sortes de pilons, savoir : pilons à mentonnets, pilons évidés à boulon, et pilons à bascule.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Cames agissant sur des pilons à mentonnets.* Pl. XLIII, fig. 11.

563. Le *pilon* est une pièce de bois équarrie, qui se meut verticalement, et dont la partie inférieure est armée d'une masse de fer ou de fonte.

Le *mentonnet*, contre lequel agit la force qui soulève le pilon, est un soliveau fixé perpendiculairement au pilon.

La came, sert à transmettre l'action de la puissance au mentonnet : elle est implantée dans un arbre situé horizontalement, et qui sert d'essieu à une roue à laquelle est appliquée la puissance ou le moteur. L'axe du pilon, de son mentonnet et de la came qui le soulève, sont compris dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'arbre, et par conséquent dans un plan vertical.

564. Le pilon se trouve enclavé dans deux *manchons* ou *prisons* formées chacune par l'intersection de quatre pièces de bois, dont les axes sont situés horizontalement, et dont les faces intérieures sont parallèles à celles du pilon; ils servent à le diriger dans son mouvement vertical. La distance entre les prisons doit être la plus grande possible; le mentonnet doit être entre les deux prisons. Lorsque le pilon est en repos, la portion du pilon, comprise entre la prison inférieure et le mentonnet, ne doit jamais être plus petite que le triple de la distance de l'extrémité du mentonnet au milieu du pilon. Entre les pilons et les faces intérieures des prisons, on place des rouleaux de fer dont

les tourillons roulent dans des anneaux de cuivre. Ils empêchent que les pièces qui composent les prisons ne s'usent; et de plus, ils diminuent le frottement.

565. La fig. 11 (Pl. XLIII) représente le profil des pièces d'un pilon, — *x z* arbre, — *y s* la came, — *y s m n* son tenon, R A et *b a* les deux manchons, — P *p* le pilon, — M et *m* le mentonnet dans les deux positions limites; savoir, à l'origine de son mouvement, et lorsqu'il est sur le point d'être abandonné par la came. La droite *s c* est le chemin que le pilon fait avant de retomber : cette longueur se nomme levée du pilon.

566. Un pilon étant ordinairement élevé trois ou quatre fois pendant que l'arbre fait un tour, l'arbre doit avoir trois cames sur la direction de chaque pilon dans le premier cas, et quatre dans le second cas. Toutes les cames, dans une même machine, doivent être égales.

Les queues des cames sont implantées dans l'arbre, suivant une direction perpendiculaire à son axe, et serrées avec des coins.

567. Pour que les cames ne soient pas arrachées de l'arbre, on peut employer le moyen imaginé et exécuté par M. *Baillet*; sur les deux faces latérales du tenon de chaque came, et à six pouces (162 millim.) de son extrémité, on pratique deux rainures qui se trouvent à fleur de bois, quand il est entré dans la mortaise, et on fait glisser dans ces rainures deux des cercles qui embrassent l'arbre. Ces cercles, qui empêchent, en outre, l'arbre de s'ouvrir, sont composés de deux moitiés de circonférence, réunies d'un bout par une charnière, et de l'autre, par une clavette.

La surface supérieure de la came sur laquelle glisse le mentonnet pendant l'élévation du pilon ne doit être ni plane, ni

circulaire; mais elle doit avoir la conrbure d'une développante de cercle. On connaît divers procédés pour tracer la courbe des cammes.

568. La fig. 12 (Pl. XLIII) indique le procédé de *Bélidor*. Supposons que x P z représente le profil de l'arbre auquel doit être adaptée la camme, et $o\,s$ la plus courte distance de l'axe de l'arbre à la ligne s E, parcourue par l'extrémité du mentonnet. Il faut décrire du point o, comme centre, et d'un rayon égal à $o\ s$, une circonférence s Q S s, prendre deux arcs s S et $s\ s'$ égaux chacun à s E; diviser la ligne $s\ s'$ en portions égales et les plus petites que l'on pourra; tirer par les points de division M, M', M'', etc., les rayons oM, o M', etc.; élever, à l'extrémité de ces rayons, des perpendiculaires M n, M' n', etc., chacune égale à son arc correspondant, c'est-à-dire, à la portion de circonférence comprise entre le point de tangence et le point s; ce qui se fera aisément en divisant la ligne s E en un même nombre de parties égales que l'arc $s\ s'$ a été divisé, et en prenant M $n = s$ N, M' $n' = s$ N', etc.; de cette manière, la dernière tangente $e\ s'$ sera égale à la droite s E.

Cela posé, si, par les points e, n'', n', n, s, on fait passer une ligne courbe, elle sera la développante de l'arc $s\ s'$, et par là de s S, qui est la portion de la circonférence décrite par le point s, sommet de la surface supérieure de la camme pendant que le mentonnet parcourt s E.

Le rayon $s\ o$ ne se prend pas arbitrairement; il doit dépendre de la hauteur s E du jeu du pilon, et du rapport de l'arc s S à sa circonférence. Pour obtenir ce rayon, il faut, après avoir déterminé sur $s\ u$ les deux lignes s K, s T, qui soient entre elles : : 113 : 355 (rapport du diamètre à la circonférence), prendre une ligne s H, qui soit à s T dans le rapport donné de l'arc s S à la circonférence s Q S s, porter s E de s

en e'; et, après avoir joint les points H et e par la droite H e', mener, par le point K, une ligne K Q, parallèle à H e': la moitié de Q s sera la ligne cherchée; on aura l'arc s S, en menant, par le point o, une ligne qui fasse avec o s un angle dont le rapport à quatre angles droits soit égal à celui qui doit exister entre l'arc s S et sa circonférence.

569. Un moyen plus simple et plus commode de déterminer l'arc s s' serait, après avoir trouvé le rayon o s, et avoir décrit la circonférence s Q S s, de diviser s E en un grand nombre de parties égales, s N, N N', N' N'', etc.; de prendre avec l'ouverture d'un compas, l'une de ces parties, et de la porter, à partir du point s sur la circonférence s Q S s, autant de fois qu'il y aurait de divisions dans s E: par là on aurait en même temps l'arc s s', et ses divisions s M, M M', M' M'', M'' s.

Dans le cas où il serait donné le rayon o s et la longueur relative de l'arc s S, c'est-à-dire le rapport de cet arc à sa circonférence, pour trouver le chemin s E que doit faire le pilon, ligne qui serait encore inconnue, il faudrait, supposant s T la longueur d'une circonférence, dont le diamètre serait s K, prendre une ligne s H, qui fût à s T comme s S : s Q S s; et, après avoir joint les points K et Q par la droite K Q, mener par le point H une ligne H e', parallèle à K Q; et porter s e' de s en E.

570. Le procédé que donne *Bélidor*, pour tracer la courbure de la camme par les tangentes, quoique d'une exécution peu difficile, ne laisse pas d'être long et incommode. M. *Hassenfratz* a proposé une méthode plus commode: elle est déduite des deux conditions, que le pilon doit se mouvoir uniformément, et que la hauteur à laquelle il s'élève doit être égale à l'arc décrit, pendant la durée de l'élévation, par un des points

de la circonférence, dont le centre serait sur l'axe de l'arbre, et qui serait tangent à la ligne parcourue par l'extrémité du mentonnet.

571. Soit x P Q, fig. 23 (Pl. XLIII), le profil de l'arbre, s E la ligne parcourue par l'extrémité du mentonnet, s S′ S l'arc décrit pendant l'élévation du pilon, arc qui doit par conséquent être égal à s E. Si l'on mène o E, et, qu'après avoir pris l'arc S′ s q, égal à s S′ S, on joigne les points o et S′ par la ligne o S′ prolongée jusqu'à la rencontre de la circonférence E E′ e, décrite du point o, comme centre, E E′ E″ E‴ e sera l'arc que décrit l'extrémité de la camme, tandis que le mentonnet monte de s en E; et les points E et S, la position des deux extrémités de la face supérieure de la levée, lorsqu'elle laisse aller le pilon. Pour trouver les points intermédiaires, il faut, après avoir divisé en un même nombre de parties égales, la ligne s E, chemin que fait l'extrémité du mentounet pendant l'ascension du pilon, et l'angle e o E parcouru, pendant le même temps, par la ligne o e, et avoir décrit du point o, comme centre, des arcs indéfinis, et passant par les points de division N, N′, N″, etc., de la ligne s E, porter de m en n, l'arc M N compris entre la première ligne de division o E′ de l'angle e o E, et le premier point de division de la ligne s E; de m' en n', l'arc M′ N′ compris entre la seconde ligne de division de l'angle e o E, et le second point de division de la ligne s E, et ainsi de suite : les points n, n', n'', etc., seront les points cherchés, et la courbe qui réunira ces points, sera la courbe requise.

572. Les cammes en bois, quoiqu'elles aient la courbure que la théorie exige, usées par les frottemens, changent promptement cette courbe. Si, pour chaque point de la surface supérieure de la camme, les effets du frottement et de la pression étaient

constans, la surface s'userait uniformément, et il en résulterait toujours une courbe de même nature, qui, diminuant seulement de grandeur, ne produirait qu'une perte de chute; mais comme les fibres de la camme ne se présentent pas toujours dans le même sens, et que la force des fibres varie suivant leurs situations, la courbure doit s'écarter de la développante d'une circonférence de cercle, et par conséquent il en doit résulter une inégalité de mouvement. Pour remédier à cet inconvénient on doit se servir de cammes en fonte qui présentent d'ailleurs les avantages de s'altérer moins et d'être d'une plus longue durée, et moins sujettes à la rupture; les têtes, ou tenons des cammes en fonte n'ayant plus besoin d'être aussi grosses et aussi longues, l'arbre, dont les entailles pour les recevoir sont moins grandes et moins profondes, se trouve par là moins affaibli, et doit résister plus long-temps.

573. Pour que le mentonnet se conserve plus long-temps, on le fait ordinairement en bois de hêtre; mais quelle que soit la dureté de ce bois, quel que soit le poli qu'il puisse prendre, l'arête inférieure du mentonnet, portant seule tout l'effort, doit promptement s'user. De cette diminution d'épaisseur qu'éprouve journellement le mentonnet, il suit que la camme le soulevant plus tard, et le laissant aller plus promptement, le pilon doit faire moins de chemin, et par conséquent avoir une perte de chute; de plus, l'arête inférieure du mentonnet se trouvant remplacée par une surface oblique, il arrive que la résistance ne se trouve plus agir perpendiculairement à la surface supérieure de la camme, ce qui doit augmenter son effort, et par conséquent celui de la force motrice. C'est d'après ces observations que l'on a imaginé de garnir d'une bande de fer l'extrémité inférieure du mentonnet.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Pilons à entaille et à boulon*. Pl. XLIII, fig. 24.

574. On doit observer que plus la came est éloignée de l'axe du pilon, plus les frottemens contre les prisons sont considérables. Aussi on ne donue ordinairement à la partie saillante du mentonnet, que la longueur nécessaire pour que l'extrémité de la came ne soit point arrêtée par la face du pilon située du côté de l'arbre. Mais il est encore plus avantageux de supprimer entièrement le mentonnet, d'évider le pilon dans le milieu de son épaisseur, et de placer en travers de cette entaille un boulon parallèle à l'arbre et contre lequel la came agira. La fig. 24 (Pl. XLIII), représente un pilon construit suivant cette méthode. — *a*, *a*, *a*, sont des trous pratiqués dans l'épaisseur du pilon, et distans les uns des autres de 54 à 81 millim.; ils sont destinés à recevoir le boulon, quand on veut diminuer la chute du pilon. — *b* est le boulon; la meilleure forme qui lui convient, est celle d'un prisme à trois pans; on arrondit l'arête qui glisse sur la surface supérieure de la came. Ce boulon est de cuivre quand la came est de fer.

575. Pour qu'un pilon ait toute sa levée, il faut, quand il est baissé, que la partie inférieure de son boulon soit au niveau de l'axe de l'arbre. Le boulon doit toujours être situé entre les deux manchons. La hauteur *n e* de l'entaille doit être au moins égale au triple de la plus grande levée du pilon. La portion *i e* de l'entaille, située au-dessous du boulon, doit toujours être au moins égale à la moitié de *n e*; si l'on n'observait cette règle, la came ne pourrait agir dans la mortaise.

576. Pour que le pilon ne soit pas trop affaibli, tant par son évidement que par les petites entaililes *a*, *a*, *a*, il est à propos de recouvrir ces deux faces de deux bandes de fer prolongées

des deux côtés au-delà de la mortaise, et percées à la rencontre des trous destinés à recevoir le boulon. On pourrait aussi garnir en feuilles de tôle ou en plaques de fer minces, les portions des faces du pilon, qui frottent sur les rouleaux ou sur les parois intérieurs des manchons ou prisons.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Pilon à boulon sans entaille.*

577. Comme l'évidement du pilon diminuerait sa solidité et que l'on est obligé d'augmenter sa grosseur pour lui conserver la même force, MM. *Duhamel* et *Baillet* ont proposé de faire soulever les deux extrémités du boulon, situé comme ci-dessus, par deux cames parallèles, ayant une tête commune, et qui dans leur jeu embrasseraient le pilon. L'effort se partageant également sur les cames, on ne donnerait à chacune d'elles que moitié de l'épaisseur qui convient à une came quand elle agit seule. On évite par ce moyen d'entailler le pilon.

578. En substituant le boulon au mentonnet on obtient, indépendamment d'une diminution considérable de frottement, la facilité de rendre la levée du pilon aussi petite que l'on veut, par le changement du boulon, et d'en faire varier la grandeur suivant le besoin, facilité qu'on ne saurait obtenir en se servant des mentonnets.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Pilon à bascule.* Pl. XLIII, fig 25.

579. Nous avons dit précédemment que les mentonnets avaient l'inconvénient de rendre très-considérable le frottement du pilon contre les parois des prisons, frottement qui diminue l'effet actif, use les pilons et les moises, et qui produit un ébranlement considérable dans toute la machine, quoiqu'elle soit arc-boutée par ses coutrefiches; c'est pour éviter ces défauts, et pour conserver la

verticalité aux pilons, que M. *Duhamel* a proposé le mécanisme du *pilon à bascule*. Ce mécanisme, appliqué aux bocards, offre deux autres avantages. Premièrement, la facilité de pouvoir établir l'auge ou batterie des pilons, à une certaine distance de l'axe de la roue, ce qui donnera l'espace pour la manœuvre, et pour le placement des rigoles de dégorgement. Secondement, on pourra élever l'auge des pilons, de manière que le dégorgement de l'eau et du minerai broyé se fasse dans un plan élevé à volonté au-dessus de celui de l'axe de la roue; on pourra même établir cette auge de manière que sa partie supérieure soit au même niveau du fond du canal qui porte l'eau sur la roue; alors on profitera de toute sa chute, ce qui facilitera l'établissement des canaux et labyrinthes où se déposent les matières bocardées; ce qui est d'autant plus à considérer, que souvent les localités ne permettent pas aux bocards ordinaires le placement d'une quantité suffisante de bassins pour y recevoir les sables, et les vases chargées des parties métalliques, dont alors une portion est entraînée au loin et en pure perte.

580. B, pilon. — *c c*, moises entre lesquelles il a son jeu. — D, bascule ou levier d'environ trois mètres de longueur, qui, au moyen de la chaîne L, élève le piston. — E, tige ou tringle de fer boulonnée à l'extrémité de la bascule, divisée en deux branches à sa partie inférieure, formant un étrier qui reçoit les cames. — F, les cames implantées dans l'axe de la roue dont la circonférence est ponctuée. — G G, deux rouleaux de cuivre qui retiennent l'étrier dans sa position verticale; ils ont des bords à leurs extrémités. On conçoit qu'au moyen de ces rouleaux, l'étrier ne peut être attiré ni repoussé par les cames, et qu'il est retenu dans ses côtés par les bords ou les parties saillantes des rouleaux.

581. Obs. Si les cames sont de fer, il sera bon de garnir la

partie inférieure de chaque étrier, d'une plaque de laiton, laquelle en diminuera le frottement, ou, ce qui sera encore mieux, on placera transversalement à l'étrier un rouleau de ce métal; dans ce cas, il faudra donner un peu plus de longueur aux étriers.

582. Lorsqu'on voudra donner plus de levée aux pilons, ou la diminuer, il ne s'agira que de placer le boulon qui tient la tringle E suspendue à la bascule, dans des trous supérieurs ou inférieurs formés sur cette tringle.

583. Afin que le poids de la tringle et de son étrier ne diminue point l'énergie du pilon, il faudra que celui du secteur de la bascule D puisse lui faire équilibre. On pourra aussi, suivant les circonstances, rapprocher de la tringle E, le centre de mouvement de la bascule, de manière a obtenir cet équilibre; il faut cependant faire attention que, dans ce cas, il peut arriver que l'impulsion qui sera donnée à la bascule par la chute du pilon, fasse trop élever l'étrier pour que les cames puissent le saisir dans une position convenable; on évitera ce léger inconvénient, en plaçant une petite pièce de bois ou perche flexible, figurée en P, à la partie supérieure de la bascule, contre laquelle elle s'arrêtera.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Cames à bascule*. Pl. XVI, fig. 16, et Pl. XIX, fig. 1.

584. Les cames à pilon soulèvent verticalement des pièces de bois placées entre deux coulisses, et elles leur communiquent un mouvement alternatif rectiligne; les cames à bascule agissent sur l'extrémité du bras de levier mobile autour d'un centre de rotation, et le mouvement qu'elles lui impriment est circulaire alternatif. La fig. 16 (Pl. XVI) représente cette espèce de cames très-fréquemment employées dans un grand nombre de machines, depuis la *serinette* jusqu'à l'*ordon*.

585. Les cames métalliques sont préférables à celles en bois. Parmi toutes les variétés de cames connues, je crois que celles représentées (Pl. XIX) fig. 1, méritent la préférence; elles ne forment qu'un seul corps avec une forte frette qu'on fait entrer avec force dans l'arbre. Ces cames sont loin d'affaiblir l'arbre par une multitude d'entailles, comme le font celles à queue, fig. 2; elles l'affermissent, au contraire, le consolident, et sont elles-mêmes inébranlables.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Rouleaux excentriques tournans.* Pl. XVII, fig. 10, et Pl. XXI, fig. 20.

586. Ces rouleaux sont disposés à égale distance sur un plateau circulaire, tournant comme la fig. 20 (Pl. XXI) l'indique; ou bien ils sont placés aux angles d'un châssis triangulaire circonscrit à l'arbre tournant, comme on le voit fig. 10 (Pl. XVII); ils produisent dans ces deux cas l'effet des cames. Dans le premier, ils agissent sur un levier et concordément avec un poids réacteur, ils lui font décrire des oscillations circulaires; dans le second, leur action s'exerce sur deux mentonnets placés dans l'intérieur d'un châssis, lequel reçoit un mouvement alternatif rectiligne.

CLASSE DEUXIÈME. — DES COMMUNICATEURS.

Communicateurs étendus.

587. Nous subdiviserons cette classe en trois genres; 1°. les chaînes; 2°. les balanciers, varlets et bièles; 3°. les colonnes d'eau communicatrices.

CHAPITRE IV.

Des chaînes communicatrices.

588. Nous désignerons par le nom de *chaînes communicatrices*, les combinaisons des chaînes proprement dites avec les poulies ou les rouleaux qui servent à les diriger, et à leur donner les moyens de transmettre le mouvement dans des directions et des éloignemens quelconques. Nous distribuerons les chaînes communicatrices en trois espèces; dans la première nous placerons celles qui transmettent simplement un mouvement continu d'un organe à un autre; dans la seconde, celles qui entraînent des poids ou d'autres résistances par un mouvement continu; et dans la dernière enfin, celles qui produisent un mouvement alternatif.

589. Les fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, (Pl. XVIII) représentent diverses sortes de chaînes, parmi lesquelles les trois représentées par les fig. 9 et 10, par la fig. 11, et les fig. 12 et 13, sont les plus appropriées à l'usage de chaînes communicatrices, à cause de leur régularité, de leur grande flexibilité, et de la propriété qu'elles ont de bien s'adapter aux gorges des poulies sans les corroder ni les difformer. La chaîne, fig. 9 et 10, est semblable à celles employées dans les horloges, où elle s'enveloppe sur la fusée; elle est composée de trois rangs de petits plateaux semblables superposés plein sur joint. Chacun des plateaux est percé de deux trous dans lesquels on introduit les boulons qui unissent tous les plateaux, et qui leur servent de points de rotation. La fig. 1 (Pl. XXI) représente une chaîne

analogue à celle que nous venons de décrire, et qui n'en diffère que parce qu'elle est armée de petites dents *a a*, adaptées aux plateaux, et qui sont destinées à entrer dans des cavités de même forme, creusées sur la circonférence de la poulie. Ces dents retiennent la chaîne et l'empêchent de glisser.

590. La chaîne de la fig. 11 (Pl. XVIII) est composée de chaînons quadrangulaires réunis par des plaques repliées de chaque côté sur ces chaînons. Lorsqu'on emploie ces sortes de chaînes sur une poulie, on plante dans le contour de la poulie des dents de la forme indiquée fig. 3 (Pl. XXI), qui doivent être régulièrement espacées, et à des distances égales à celles qu'il y a entre les milieux des chaînons. Les chaînons, en s'enveloppant autour de la poulie, sont retenus par les dents, et la chaîne ne peut glisser.

591. La chaîne représentée fig. 12 et 13 (Pl. XVIII), a été inventée par le fameux *Vaucanson*. On la voit de profil (fig. 12), et de face, fig. 13. La fig. 14 représente l'outil dont on se sert pour fabriquer cette chaîne. Cet outil est une espèce de tenaille dont les branches sont unies à charnière en *a*; la branche inférieure a une cavité en *d* dans laquelle on introduit le fil de fer. La supérieure a des crochets *c* saillans de chaque côté; ils servent à régler la grandeur des chaînons, et ils en dirigent la formation. Au moyen de cet outil, on exécute la chaîne avec exactitude et célérité. La fig. 11 (Pl. XXI), indique une chaîne très-forte, inventée en Angleterre, et qu'on peut employer utilement lorsqu'on doit produire de grands efforts.

592. Les fourches, fig. 4 et 5 (Pl. XXI), sont celles que l'on adapte à la circonférence des poulies lorsqu'on se sert des chaînes à chaînons circulaires ou ovales, représentées fig. 1 et 2 (Pl. XVIII). La fourche, fig. 5, au lieu d'avoir une queue comme celle de la fig. 4, a deux branches parallèles qui s'adaptent aux faces latérales de la poulie, et qui sont traversées par un boulon.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Chaînes communicatrices transmettant d'un organe à un autre un mouvement continu.*

593. Ces sortes de chaînes s'appellent *chaînes sans fin*, parce qu'elles sont réunies dans tous leurs points sans discontinuation; elles sont tendues entre deux poulies. Il y a trois variétés de chaînes sans fin simples. Ce que nous dirons des chaînes peut également se rapporter aux cordes et aux courroies dont on fait souvent usage dans les machines délicates; il faut cependant noter que ces dernières, étant sujettes aux variations hygrométriques, s'allongent et se raccourcissent; de sorte que, pour en obtenir un effet satisfaisant, il faut que l'axe d'une des poulies soit disposé de manière qu'on puisse facilement l'approcher et l'éloigner de l'autre, pour donner à la corde la tension convenable.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Corde sans fin simple à branches croisées.* Planche XV, fig. 1.

594. Les branches de la corde sans fin étant croisées, les poulies auront un mouvement circulaire en sens inverse. La fig. 3 (Pl. XXII) représente un anneau *a* soutenu à sa circonférence par trois poulies *b b b*, et mu par une corde sans fin. Par cette méthode, due au génie de *Vaucanson*, on peut supprimer l'axe de rotation dont ordinairement on fait usage.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Chaîne sans fin à branches non croisées.* Pl. XV, fig. 2.

595. Si les branches de la chaîne ne sont pas croisées, les poulies tourneront dans le même sens.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Chaîne sans fin à poulies concentriques*. Pl. XV, fig. 3.

596. Plusieurs poulies concentriques de différens diamètres sont fixées sur un même axe, de sorte que l'on peut, à volonté, faire passer la chaîne d'une poulie plus grande à une plus petite, ou bien d'une plus petite à une plus grande, suivant que l'on veut faire varier la vitesse de la rotation; mais il faut qu'un des axes puisse avancer ou reculer pour donner à la chaîne la tension convenable.

597. Les fig. 4, 9, 10 et 11 (Pl. XXII), indiquent diverses méthodes de communiquer simultanément à plusieurs mobiles, des mouvemens de rotation, au moyen des cordes sans fin.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Chaînes communicatrices entraînant des résistances par un mouvement continu.*

598. Ces chaînes doivent être disposées de manière que le mouvement des poids ou autres résistances ne nuise pas à celui de la chaîne, et réciproquement.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Chaîne simple à mouvement vertical.* Pl. XXI, fig. 7 et 8.

599. Cette chaîne est destinée à élever d'un côté des seaux remplis de matière, et de l'autre côté à redescendre les seaux vides. Elle est vue de face, fig. 7, et de profil, fig. 8. Les seaux sont suspendus à des bras saillans marqués *a a a*. Ces bras sont affermis par des bouts de chaînes *b b*. On conçoit que, par cette disposition, les seaux peuvent monter et circuler sans nuire aucunement au mouvement de la chaîne.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Double chaîne à mouvement vertical.* Pl. XXI, fig. 9 et 10.

600. La face de cette chaîne est indiquée, fig. 9; le profil, fig. 10. On voit qu'elle est composée de deux chaînes entièrement semblables *a* et *b*, qui sont liées entre elles par des barres horizontales *d d d*, et les seaux sont suspendus par une petite chaîne au milieu de ces barres placées entre les deux chaînes; ils peuvent librement monter et descendre. Cette variété offre plus de solidité que la précédente; mais elle est plus coûteuse.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Chaîne à mouvement horizontal.* Pl. XXI, fig. 13 et 14.

601. Cette chaîne, fortement tendue entre deux poulies horizontales, est surmontée d'une plate-forme à coulisse. Les seaux sont suspendus à la chaîne, mais au-dessus de chacun d'eux s'élève une tige attachée à cette même chaîne et terminée par un rouleau, placé sur la plate-forme, de manière que les seaux se trouvant supportés par la plate-forme même, la chaîne les entraîne et les fait circuler. La fig. 15 indique de quelle manière un seau est suspendu au rouleau qui repose snr les parties *a* et *b* de la plate-forme au moyen de deux petites roues *m* et *m*, qui entrent dans des rainures qui y sont pratiquées.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Chaînes ou cordes communicatrices produisant un mouvement alternatif.*

602. Les machines dans lesquelles on emploie les chaînes ou cordes communicatrices de cette espèce, sont très-nombreuses. C'est surtout dans les métiers à fabriquer les étoffes qu'on en fait le plus grand usage. Nous nous bornerons ici à indiquer

compendieusement les diverses variétés de fils communicateurs dont on se sert dans ces métiers, nous réservant à en donner des descriptions circonstanciées dans le traité spécial consacré aux *machines à confectionner les étoffes*.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Lisses*. Pl. XX, fig. 3.

603. On appelle *lisses*, des fils disposés sur des tringles de bois, qui embrassent les fils de la *chaîne* et qui les font lever et baisser à volonté. Les tringles de bois sur quoi se tendent les lisses, se nomment *lisserons*. Les lisses portent à leur milieu de petites perles d'émail percées, à travers lesquelles passent les fils de la chaîne; ou bien elles forment des boucles de fils entrelacées de diverses manières, comme on le voit fig. 4. — *Lisses à grand colisse b b*, sont celles qui servent à passer les fils de poil dans les étoffes riches. Elles sont composées d'une maille haute et d'une maille basse alternativement, de sorte que le *colisse* a environ un décimètre de longueur. — *Lisses à petit colisse d*, sont de petites boucles arrêtées par un nœud; elles ne servent qu'aux étoffes unies. On donne le même nom à celles dont la maille est alternativement, l'une sur une ligne plus basse que l'autre, afin que les fils disposés sur une hauteur inégale ne se frottent pas, comme il arriverait s'ils étaient sur une même ligne. Les lisses de rabat sont celles sous la maille desquelles les fils sont passés pour les faire baisser. — Les lisses de liage sont celles sous lesquelles les fils qui doivent lier la dorure dans les étoffes sans poil, sont passés pour les faire baisser.

604. Quelquefois les lisses sont placées sur les lisserons à des distances égales, comme on le voit en A A, fig. 3 (Pl. XX); d'autres fois elles sont inégalement espacées, comme en B B, même figure.

605. Il y a des métiers où l'on emploie jusqu'à vingt-quatre *hautes lisses enlisseronnées*, et même un plus grand nombre; elles sont suspendues dans le *châtelet*, elles portent jusqu'à deux cents mailles chacune; de sorte que, si l'on ne voulait passer qu'une rame dans chaque maille, elles en porteraient 4800.

606. Les lisses sont mises en mouvement par des pédales. Dans quelques métiers, l'élévation en est produite par les pédales, et l'abaissement par des poids réacteurs; dans d'autres métiers, chaque *haute lisse enlisseronnée* a deux pédales, l'une desquelles l'enlève, et l'autre l'abaisse, comme on le voit fig. 23 (Pl. XX). La pédale *a* communique avec le levier *b*, qui a son centre de rotation en *c*, et celui-ci transmet son mouvement à la bascule *d*, à laquelle la lisse est suspendue. La pédale *f* agit sur le levier *g*, qui communique avec le lisseron inférieure. On conçoit aisément que toutes les fois que l'on voudra abaisser la pédale *a*, la lisse sera obligée de monter, et au contraire, qu'elle devra descendre, quand la pédale *f* sera déprimée. Le *montant*, qui soutient la bascule *d*, est percé de plusieurs trous, pour qu'on ait la facilité d'élever plus ou moins le centre de rotation de cette bascule.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *La tire*. Pl. XX, fig. 1 et 5.

607. La fabrication des étoffes figurées, exige, outre les lisses, un autre mécanisme qui sert à élever à chaque coup de navette un certain nombre de fils de la chaîne, suivant l'ordre indiqué par le dessin que l'on veut exécuter. Ce mécanisme est composé de plusieurs parties, savoir : le *cassin*, le *rame*, les *arcades*, et les *planches d'arcades*.

608. Le cassin est un châssis qui contient un grand nombre

de petites poulies régulièrement disposées fig. 6, 7, 8, 9, 10 (Pl. XX). Les cassins diffèrent entre eux par le nombre des poulies dont ils sont composés, par leur construction, et par la manière dont les poulies sont placées. Le nombre des poulies varie dans les cassins, suivant la complication plus ou moins grande des dessins à exécuter; quelques cassins n'ont que cinquante poulies, tandis qu'il y en a qui en portent jusqu'à deux mille. Ceux dont on se sert le plus communément en ont quatre cents. La plupart des cassins n'ont qu'un seul châssis *a* (fig. 7 et 8), posé obliquement et soutenu par des pièces de bois verticales *b*. Les poulies sont séparées les unes des autres par des lamettes parallèles; elles doivent avoir toutes exactement la même épaisseur et le même diamètre; entre les poulies, on place de petits rouleaux *m m m* (fig. 6 et 9), nommés *paters*, qui sont les soutiens des lamettes, maintiennent leur parallélisme, et les empêchent de fléchir; ils servent en même temps à prévenir le mélange des fils contigus du rame.

609. Dans quelques cassins, on a distribué les poulies sur deux châssis *x* et *y*, inclinés en sens contraire, comme on le voit, fig. 10. On les nomme alors *doubles cassins*.

610. Le *rame* est un assemblage de cordes horizontales qui, d'un côté sont réunies et attachées à un point fixe, et de l'autre côté sont passées sur les poulies du cassin; il y a autant de cordes de rame que de poulies au cassin; un petit anneau appelé *œil de perdrix* est enfilé dans chacune des cordes du rame.

611. *a b c d*, fig. 5 (Pl. XX), est le rame dont toutes les cordes sont nouées sur un bâton *e*, auquel est attachée une grosse corde qui passe sur une poulie de renvoi *g*, et s'enveloppe sur le treuil *h*, que l'on fait tourner au moyen d'un levier

pour bander le rame, et qui est garni d'une crémaillère contre-butée par un cliquet.

612. Les arcades *m m*, fig. 1, et *q q* fig. 5, sont des faisceaux de cordes attachées à l'extrémité de chaque corde du rame. Les cordes des arcades passent dans de petits trous percés régulièrement dans une planche horizontale *x x*, fig. 1 et fig. 5. La planche d'arcade doit être fort mince et faite de bois dur, pour éviter aux cordes, autant qu'il est possible, un trop grand frottement. Les fils des arcades, après avoir traversé la planche, tombent perpendiculairement; chacun d'eux a un maillon dans lequel on fait passer un fil de la chaîne, et il porte à son extrémité inférieure un poids réacteur.

613. Des cordes *l l* sont attachées aux petits anneaux du *rame*, appellés *yeux de perdrix*, descendent verticalement, et sont séparées en faisceaux; elles traversent des trous *o o*, sont nouées à des tringles *i i i i*, et ces tringles terminées par des boutons, servent à tirer tout à la fois les cordes qui composent un faisceau, à mettre en mouvement les cordes relatives du rame, à élever les arcades qui y correspondent et conséquemment les maillons et les fils de la chaîne qui y sont passés; les poids réacteurs rétablissent ensuite toutes les parties dans leur position primitive.

614. La figure 1, où deux seules cordes du rame sont figurées, fait comprendre avec clarté de quelle manière, au moyen de la *tire*, on élève à volonté un certain nombre de fils de la chaîne placée sur le métier. — *a a*, sont les cordes du rame.— *b b*, sont les poulies du cassin. — *m m*, sont les arcades. — *x x*, planche des arcades. — *c c c c*, les maillons dans lesquels passent les fils de la chaîne. —*p p p p*, poids réacteurs. — *d d*, yeux de perdrix passés dans chaque fil du rame, et auxquels sont attachées les cordes verticales *f f* que l'on nomme les *col-*

lets. Il est évident que si l'on tire une des cordes *f*, le fil correspondant du rame s'abaissera, l'arcade des fils qui y sont attachés et les maillons s'élèveront, et entraîneront avec eux les fils de la chaine qui y sont passés.

615. Pour tirer les collets, on connaît deux méthodes principales. Dans l'une on se sert de tringles *i i i i*, et de boutons *n n n n*, (fig. 5). Dans l'autre indiquée (fig. 2), on se sert de *lacs*. Les lacs sont des fils liés aux collets, et réunis en faisceaux; chaque faisceau est arrêté à une ou à deux cordes verticales *b b*. Ces deux méthodes exigent un ouvrier expressément employé à tirer les boutons ou les lacs. *Vaucanson* a imaginé un mécanisme très-ingénieux pour suppléer au travail de cet ouvrier; mais cette invention, qui se trouve décrite dans l'*Encyclopédie méthodique*, n'a pas été adoptée, depuis alors, quelques artistes habiles ont résolu le problème avec plus de succès.

616. M. *Brun* de Lyon (*a*), a imaginé un mécanisme qui remplace les bras dans l'action du tirage, et opère avec plus de précision que la main. Le rame, fixé au plancher par une de ses extrémités, descend obliquement jusqu'aux nœuds des collets. De ce point, il suit une direction horizontale jusqu'au cassin, d'où, formant sur lui-même un angle droit, il se réunit aux arcades.

617. Les collets partant du rame traversent une planche dite des *collets*, et vont aboutir à un mécanisme qui consiste en un grillage de bois placé horizontalement au-dessus de la tête de l'ouvrier. Ce grillage se forme de dix-sept liteaux fixés à deux traverses, laissant entre eux seize vides qui sont surmontés de seize coulisses; ces coulisses ont à chaque bout un tenon rond,

(*a*) *Bulletin de la Société d'encouragement*, 14e année.

dont l'un, à droite s'engage dans un ressort de bois, et l'autre à gauche, dans une bascule à mentonnet; près des bascules sont placés huit rouleaux mobiles sur le même axe, armés chacun de deux cames ou touches : ces rouleaux ont un mouvement alternatif de gauche à droite et de droite à gauche, au moyen de deux cordes qui sont successivement tirées par le jeu d'une pédale.

618. Les bascules sont perpendiculaires aux coulisses. Le rouleau faisant sa fonction, pousse avec une de ses cames la partie inférieure d'une des bascules jusqu'à la rencontre du mentounet, et chasse ainsi la première coulisse de droite à gauche; ce même rouleau, dans sa marche alterne la première bascule qui est alors renvoyée à sa place par le ressort opposé, et pousse, à l'aide de son autre came, la seconde bascule, et ainsi des autres. Les coulisses sont percées chacune de seize trous, dans lesquels passent les cordes de rabat, qui s'attachent à des crochets en fer; ceux-ci sont liés par leurs extrémités à des liteaux de bois correspondant à la pédale qui les met en jeu.

619. Les dix-sept liteaux du grillage sont également percés chacun de seize trous qui reçoivent les cordes des collets, formant étriers d'un liteau à l'autre.

Le jeu latéral des coulissse mobiles a pour objet de porter alternativement les crochets de chaque coulisse sur les étriers indiqués par le lissage, de sorte que la pédale que le pied de l'ouvrier met en mouvement, fait jouer simultanément les cordes de lissage et celles de rabat.

620. Ce mécanisme ingénieux est d'une exécution facile et peu dispendieuse : il remplit parfaitement le but que l'inventeur s'est proposé; sans rien ajouter à la peine de l'artisan, il le dis-

pense du secours de la tireuse, et en remplit les fonctions avec plus de précision et d'exactitude. L'harmonie du jeu des pièces avec l'ordre du dessin en est admirable.

621. M. *Jacquart* de Lyon a obtenu en 1808, un prix de 3000 frans, que la Société d'encouragement lui a décerné pour le même objet. Le mécanisme inventé par M. *Jacquart* est le résultat de l'application heureuse de deux moyens très-ingénieux que l'art du fabriquant d'étoffes doit au célèbre *Vaucauson*, et à *Falcon*. Employés séparément, ces deux moyens concouraient au même but, mais ils ne l'atteignaient pas; réunis avec intelligence, et avec des perfectionnemens, ils offrent un succès complet. M. *Jacquart* a puisé l'idée de cette réunion dans le métier de *Vaucauson* déposé au Conservatoire de Paris, et qui n'avait pas été adopté à cause de sa complication.

622. Le mécanisme de M. *Jacquart* est composé de crochets ou griffes auxquels sont attachés les corps de maillons ou les lisses qui composent l'armure du métier, ainsi que l'a pratiqué *Vaucanson*.

Ces crochets porte-lisses sont mis en jeu, au moyen d'une tringle de fer fixée à un battis qu'une seule marche ou pédale fait monter et descendre.

623. Plusieurs bandes de carton percées de trous, combinés pour le dessin de l'étoffe, sont réunies par leurs bords de manière à former une espèce de chaîne sans fin brisée, dont la longueur est proportionnée à l'étendue du dessin qu'on veut exécuter. Ces cartons sont suspendus à un axe carré placé vis-à-vis des crochets dans la partie supérieure du métier.

624. La machine étant en repos, tous les crochets porte-lisses sont alignés, et posent sur la tringle qui sert à les soulever en-

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Chaîne sans fin adaptée à un demi-cercle.* Pl. XVIII, fig. 24.

628. Le demi-cercle *a a* est annexé au balancier *b b*; une chaîne attachée aux points 1 et 2 passe sur les rouleaux *c* et *d*. Le mouvement circulaire alternatif du balancier communique à la portion de chaîne comprise entre les rouleaux, un mouvement alternatif rectiligne.

CHAPITRE V.

Des balanciers et bièles

629. Le balancier est un levier tournant autour de son centre de suspension. Si le balancier est composé de plusieurs branches, comme ceux représentés fig. 20 (Pl. XVIII), alors il change de nom et s'appelle *varlet*.

630. Les *bièles* sont des tiges inflexibles qui servent à transmettre à des distances quelconques le mouvement que le balancier leur communique. Les bièles sont de fer ou de bois; la fig. 19 (Pl. XVIII) indique la manière de réunir plusieurs bièles de fer; la fig. 17 représente l'union de deux bièles en bois; la fig. 18, la combinaison des bièles en bois avec des tiges en fer, pour transmettre simultanément le mouvement aux pistons de plusieurs pompes disposées par étages (dans la supposition qu'on ait à élever de l'eau à une hauteur très-considérable). Cette méthode est usitée dans les épuisemens des mines profondes. La fig. 6 (Pl. XXI) représente une autre méthode de produire le même effet, dont on trouve des applications dans le *Recueil de Besson*.

631. Les balanciers servent à transmettre un mouvement circulaire continu, ou bien un mouvement alternatif.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Balanciers produisant un mouvement circulaire continu.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Balancier* de Cartwrigth. Pl. XIX, fig. 26.

632. *Cartwrigth* a appliqué cet ingénieux mécanisme aux machines à vapeur. Le volant et toutes les parties mouvantes sont contenues et fixées dans un châssis élevé sur la chaudière, lequel s'étend en longueur sur les côtés de la chaudière, et en dépasse un peu les extrémités, pour recevoir la pompe à air et le condenseur. La partie supérieure du châssis est traversée par un axe sur lequel roule une poulie, autour de laquelle s'enveloppe une chaîne fixée au haut de la tige du piston. Cet axe est armé d'une manivelle qui, au moyen d'une allonge ou bièle, communique à un levier placé horizontalement sur le haut ou sur le côté de la chaudière. Il y a un autre axe qui peut être placé au-dessus, au-dessous ou à côté du premier, qui traverse le volant, et qui est terminé de l'autre côté, par une manivelle communiquant de la même manière que la précédente au levier horizontal dont on vient de parler.

633. Il est évident que, lorsque la poulie est mise en mouvement par l'action du piston, la manivelle qui termine son axe fera mouvoir celle de l'axe du volant, puisqu'elles sont l'une et l'autre attachées au même levier. Si donc la poulie se meut dans un sens par l'action du piston et de son contre-poids, et si la manivelle de l'axe de la poulie se meut dans la même direction, celle de l'axe du volant fera les mêmes mouvemens de va et vient, à moins que sa longueur (comme cela doit être en effet) ne soit tellement déterminée, qu'à la fin de sa course elle puisse

passer au-delà; dans ce cas, le mouvement de rotation du volant aura lieu.

634. Si le diamètre de la poulie est tellement proportionné, qu'à chaque coup de piston la poulie achève une révolution et demie, et rétrograde d'autant, le levier recevra trois vibrations pour chaque coup de piston. Enfin, si le diamètre de la poulie est proportionné de manière à faire deux révolutions directes et rétrogrades pour chaque coup de piston, dans ce cas, le levier fera quatre vibrations, et le volant quatre révolutions. On voit que, par ce moyen, le volant peut tourner avec une vitesse donnée sans le secours d'aucun engrenage.

635. Si, pour des circonstances particulières, on avait besoin de placer le volant au-dessous de la chaudière, son axe pourrait être placé au-dessous du levier, en l'y fixant, par une tige inférieure, de la même manière que ci-dessus.

636. Quand on a besoin d'obtenir un mouvement alternatif et horizontal, on prolonge la tige qui sert à communiquer le mouvement de la manivelle au levier, autant au-dessous de ce même levier qu'il en est besoin, et on attache à son extrémité le mécanisme nécessaire à la production du mouvement alternatif.

637. La pompe à air, ainsi que toute autre pompe, peut être mise en mouvement par un levier qui reçoit son action d'une poulie placée sur l'axe mu par le piston. Ce levier est garni de contre-poids.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Balancier à mouche*. Pl. XVII, fig. 1.

638. On appelle *mouche* l'engrenage qui communique le mouvement du balancier au volant, dans plusieurs machines à

vapeur. — *b b* est une bièle suspendue à l'extrémité du balancier, et qui est assemblée solidement à la roue dentée *g g*. Les centres des roues dentées *g g* et *f f*, sont liés l'un à l'autre de manière que *g g* a la liberté de se mouvoir autour de la circonférence de *f f*, mais sans que les deux circonférences puissent se séparer l'une de l'autre. L'axe de la roue *f f* est le même que celui du volant *v v*; la première ne peut pas tourner sans communiquer son mouvement à l'autre, et réciproquement. La denture de chacune des roues *f f* et *g g* est double, comme on le voit fig. 17 (Pl. XVII). Les dents de chaque paire de denture sont disposées de manière qu'il y a toujours plein sur vide, c'est-à-dire, qu'une des dents dans une circonférence répond toujours à l'espace compris entre deux dents de la circonférence qui lui est accouplée. Les deux circonférences accouplées sont séparées par une bande circulaire *u u*, qui se loge dans un vide ou rainure correspondante, pratiquée entre les dentures des deux circonférences accouplées de la roue *g g*; toutes ces précautions ont pour objet l'uniformité, la solidité de l'engrenage, et le maintien stable des deux roues dans le même plan, malgré les secousses qu'elles peuvent éprouver.

638 (bis). On conçoit aisément, d'après ce que nous venons d'exposer, que le mouvement du balancier doit faire hausser et baisser la tringle *b b* et la roue *g g* qui y est attachée : or, cette roue ne pouvant pas quitter la circonférence de la roue *f f*, doit lui communiquer un mouvement de rotation, et par suite au volant *v v*; ce volant, une fois mis en jeu, sert, comme on sait, à entretenir le mouvement et à suppléer à l'action du balancier, dans les instans où les centres des deux roues dentées se trouvent dans la même ligne verticale.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Balancier à contre-poids, agissant sur une roue à rochet.* Pl. XVII, fig. 9.

639. Dans ce mécanisme, au lieu de bièle on emploie une chaîne ou une corde à l'extrémité de laquelle le poids *p* est suspendu; l'axe du volant est garni d'un cercle *b* taillé à rochet. C est une roue qui entre dans l'axe du volant à frottement doux; elle porte un cliquet qui accroche dans la roue à rochet au moyen d'un ressort. Le mouvement circulaire alternatif de la roue C, fait tourner le volant dans le même sens. Cette roue n'agira que pendant la moitié de son oscillation; le poids réacteur *p* la complètera. M. *Thomas Bigen* paraît être l'inventeur de cette méthode, pour laquelle il a obtenu une patente.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Balanciers produisant un mouvement alternatif.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Balanciers sur lesquels plusieurs hommes peuvent agir à la fois.*

640. Les fig. 8 et 9 (Pl. XVI) indiquent deux méthodes de faire agir simultanément plusieurs hommes sur un balancier à pompes. Nous avons décrit (31) la méthode de la figure 9. Dans celle représentée fig. 8, deux barres *a a* et *b b*, horizontales, portent plusieurs chevilles *d*, *d*, *d*, *d*; les hommes moteurs sont distribués le long de ces barres, chacun d'eux empoigne une cheville; les barres *aa* et *bb*, sont retenues dans des coulisses qui leur laissent cependant libre le mouvement horizontal; lorsqu'elles sont poussées et tirées par tous les hommes qui agissent simultanément, elles font agir le balancier et les pistons qui y sont annexés. La fig. 10 représente deux ba-

lanciers mus par une manivelle et une bièle de communication.

641. Obs. Les balanciers, qui agissent sur des tringles ou bièles verticales, se meuvent avec un mouvement alternatif circulaire; en conséquence ils inclinent plus ou moins les tringles, et les font dévier de la ligne verticale qu'elles devraient constamment parcourir. Cette déviation est souvent très-nuisible ; on a donc recherché les moyens de l'éviter, et on a imaginé les méthodes plus ou moins ingénieuses contenues dans les variétés suivantes.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Balancier à secteur circulaire et à poids réacteur.* Pl. XVI, fig. 20.

642. Ce balancier n'agit pas immédiatement sur la tringle, mais sur une chaîne ou sur une corde qui, d'un côté, est attachée au sommet du secteur, et de l'autre, à l'extrémité supérieure de la tringle. Par cette méthode très-simple, la tringle conserve constamment sa perpendicularité. La fig. 18 (Pl. XIX) indique un balancier à secteurs qui communique simultanément le mouvement à deux tiges.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Balancier à secteur circulaire, mais sans poids réacteur.* Pl. XVI, fig. 21.

643. La gorge du secteur de ce balancier a deux rainures parallèles, au sommet de l'une est attachée la chaîne *a b*; une seconde chaîne *c d* part du point le plus bas de l'autre, pour aller se fixer au sommet de la tringle, de sorte que si le balancier descend, la chaîne *c d* fait descendre la tringle; si au contraire il monte, la chaîne *a b* entraîne la tringle, qui dans ces deux mouvemens n'abandonne jamais la perpendicularité.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Balancier à parallélogramme.* Pl. XVII, fig. 1.

644. Dans les machines à vapeur à double effet et à balancier, la transmission du mouvement du piston au balancier se fait au moyen d'une tige inflexible, au lieu que dans les machines à simple effet, la tige est attachée à une chaîne fig. 4 (Pl. VII). La substitution de la tige inflexible à la chaîne est un des perfectionnemens importans qui ont le plus contribué à donner l'avantage aux machines nouvelles sur les anciennes, et qui consiste à faire produire au piston le même effort en montant et en descendant. On voit que dans la fig. 4 (Pl. VII) le piston, en montant, ne produit aucun effet sur le balancier, et qu'il faut même un contre-poids *p* pour rendre son ascension possible. Ce contre-poids augmente en pure perte pour l'effet, les masses à mouvoir et l'inconvénient des ébranlemens et des saccades. Mais ce n'est pas tout, la machine représentée (fig. 4, Pl. VII) pour produire le même effet, dans un temps donné, que la machine indiquée (fig. 1, Pl. VIII) est obligée de faire un effort double, c'est-à-dire, de faire pendant la descente du piston, un effort égal à la somme de ceux qui sont faits pendant une descente et une montée du piston, en supposant que les dimensions du balancier, le nombre et l'amplitude des oscillations, soient les mêmes. Il résulte donc une simplification notable dans la construction de cette dernière machine par la diminution de ses dimensions et la suppression des contre-poids.

645. L'emploi d'une verge inflexible laissait une difficulté à résoudre, qui consistait à lui donner un mouvement vertical. Voici le moyen très-ingénieux inventé à cet effet par *Watt*. Le parallélogramme *a b d c* (Pl. XVII, fig. 1) tient au balancier par les points *a* et *c*, fixes par rapport à ce balancier; mais les côtés de ce

parallélogramme peuvent changer d'inclinaison, les uns par rapport aux autres, au moyen de ce que leurs extrémités sont assemblées à charnières, c'est-à-dire, garnies de boîtes ou colliers qui embrassent des axes horizontaux; les axes en *a* et *c* sont dans un même plan avec le centre ou axe A de rotation du balancier. De plus, l'angle *d* du parallélogramme est toujours retenu à une distance constante d'un point fixe *f'*, au moyen de la verge de métal *f' d* dont l'extrémité est également garnie d'une boîte ou collier qui embrasse l'axe passant en *d*.

646. Cela bien conçu, si on imagine que l'angle *b* soit poussé ou tiré dans une direction verticale, l'effort se décomposera suivant *b a* et *b d*; les points *a* et *c* décriront des arcs de cercle dont le point *o* sera le centre, et le point *d* décrira un arc de cercle qui aura *f' d* pour rayon. Mais les courbes décrites par les points *a*, *c*, *d*, ne peuvent être ainsi fixes et déterminées sans que le point *b* ne décrive aussi une courbe pareillement fixe et déterminée : or, quand le mouvement du balancier tend à écarter le point *b* de la verticale dans un sens, l'effet de la rotation de *d* autour de *f'* est d'écarter *b* de la verticale dans le sens contraire, et ces deux effets peuvent se combiner de telle manière que la courbe décrite par le point *b* diffère si peu d'une ligne droite verticale, que dans la pratique on puisse la considérer comme telle.

On donne ordinairement à *f' d* une longueur égale à *A c*, et à *c d*, la moitié de cette longueur.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Balancier combiné avec un contre-balancier.* Pl. XVI, fig. 22.

647. Deux pièces de bois *a b*, *d o*, tournent autour des points ou centres *a* et *o*; leurs autres extrémités *b* et *d* sont assujetties l'une à l'autre par la pièce de fer *b c' d*, avec des articula-

tions en b et en d. Les longueurs $a\,b$ et $d\,o$, de centre en centre des tourillons, sont égales. La somme $a\,b + d\,o$ de ces longueurs, est égale à la distance du point a au point o, projetée sur l'horizon ou mesurée horizontalement; en sorte que, lorsque $a\,b$ et $d\,o$ sont de niveau, la ligne droite passant par d et b est verticale; et comme la longueur de la pièce $b\,d$, de centre en centre des tourillons, est égale à la différence de niveau des points a et o, $b\,d$ devient verticale en même temps que $a\,b$ et $d\,o$ deviennent horizontales.

648. Au moyen de cette disposition, si les points b et d ne décrivent pas des arcs d'un grand nombre de degrés au-dessus et au-dessous des horizontales passant respectivement par les points a et o, le milieu c' de $b\,d$ parcourra sensiblement une ligne droite verticale. En effet, tant que b et d s'éloignent peu de l'horizontale, les rayons $a\,b$ et $d\,o$ étant de même longueur, le point b s'élève ou s'abaisse, par rapport au point a, sensiblement de la même quantité dont le point d s'élève ou s'abaisse par rapport au point o; d'où il suit que les arcs décrits par le point b et d peuvent, dans ce cas, être sensés égaux. Cette hypothèse admise, les points b et d doivent toujours être à la même distance d'une verticale dont les points o et a seraient eux-mêmes également éloignés; donc, si c' est placé au milieu de $b\,d$, il doit se trouver continuellement dans la verticale dont nous venons de parler. Cette verticale passant par l'axe commun du cylindre à vapeur et de la tige $c\,c'$ de son piston, il ne s'agit que de placer un axe horizontal au sommet c' de la tige qui tourne dans un collier pratiqué au milieu de $b\,d$, et on aura rempli la condition recherchée.

649. M. *de Prony* a calculé (*a*) que le sommet de la tige du

(*a*) *Nouvelle Architecture hydraulique*, tome 2.

piston d'une machine à vapeur de M. *Perrier*, à balancier et contre-balancier, ne s'écarte de la verticale à l'extrémité inférieure de sa course, que d'une ligne et un tiers sur plus de cinq pieds de course. Le balancier et le contre-balancier de cette machine ont chacun neuf pieds deux pouces de longueur entre les centres des axes de rotation. La pièce qui unit leurs extrémités, et au milieu de laquelle la tige du piston est suspendue, a quatre pieds trois lignes également entre les centres des axes. Le plus grand angle que fait le balancier avec l'horizontale est de 16°.

650. La plupart des constructeurs donnent au balancier ainsi qu'au contre-balancier, une longueur à peu près double de la ligne que parcourt le piston dans sa course, et la moitié de cette longueur à la pièce qui supporte la tige du piston et reunit les extrémités du balancier et du contre-balancier.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Combinaison de deux leviers tournans, d'une tringle et d'une bièle pour conserver la perpendicularité à une tige mue par une manivelle.*

651. Les fig. 9 et 11 (Pl. XIX), démontrent deux combinaisons de cette nature. Les lignes pleines indiquent la position dans laquelle se trouvent toutes les pièces à la moitié de chaque oscillation, et les lignes ponctuées marquent les positions aux deux extrémités.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Quatre leviers tournans, combinés avec une tige, pour en maintenir la perpendicularité.* Pl. XIX, fig. 8.

652. Ce mécanisme peut être employé avec utilité dans quelques machines où la partie qui agit immédiatement sur la tige a elle-même un mouvement rectiligne.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Combinaison do leviers angulaires qui communiquent simultanément des mouvemens alternatifs rectilignes en divers sens, à plusieurs parties séparées.* Pl. XIX, fig. 27.

653. Les leviers angulaires sont marqués *a a a a*, etc. — *c c c*, etc., sont les parties qui en reçoivent le mouvement. — *b b b*, etc., sont des ressorts réacteurs. — *x x* est une tige garnie de plusieurs *mentonnets* ou parties saillantes. Cette tige étant mue par un mouvement rectiligne alternatif, agit au moyen de ces mentonnets, sur les leviers angulaires qui attirent vers le centre les parties *c c c*, etc., qui sont ensuite repoussées en sens contraire par les ressorts réacteurs.

Appl. Le mécanisme que nous venons de décrire est adapté au couvercle de quelques coffres-forts, pour les fermer avec sûreté.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Combinaison de leviers angulaires et de cordes, pour transmettre le mouvement d'un mobile séparé de son moteur par des obstacles placés dans des directions quelconques.* Pl. XX, fig. 14.

654. Cette méthode que tout le monde connaît, est celle dont on se sert dans les appartemens pour faire communiquer avec le cordon, une sonnette placée dans la cour ou dans une autre partie de la maison.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Zigzag.* Pl. XXI, fig. 28.

655. Au moyen de cet instrument, on transforme un petit mouvement circulaire alternatif en un mouvement alternatif rectiligne, dont la longueur est d'autant plus grande que le nombre des leviers assemblés est plus grand.

DIXIÈME VARIÉTÉ. — *Levier à losange.* Pl. XVII, fig. 11.

656. M. *Berger* a fait l'application de ce mécanisme à une pompe à deux pistons, décrite dans les n°s. 19 et 20 des *Annales des arts et manufactures*. La pièce principale est une losange formée de quatre tringles réunies à charnière par leurs extrémités. Cette losange est soutenue par deux leviers mobiles *a* et *b* d'égale hauteur : à l'extrémité supérieure *x* de la losange, est attachée la tige du piston inférieur, et à son autre extrémité *y* est fixée celle du piston supérieur. Chaque côté inférieur de la losange est traversé dans son milieu par un essieu de fer, auquel sont fixés deux moyeux de bois; la partie excédante de chaque moyeu est bien cylindrique, et reçoit des roulettes de cuivre qui ont un épaulement du côté extérieur; ces roulettes supportent une espèce de brancard qui embrasse la losange, en entrant dans les ouvertures longitudinales faites dans les côtés de ce brancard, et le tout est contenu par des écrous comme dans les voitures. La longueur des ouvertures des côtés du brancard est déterminée par la course qu'on veut donner aux pistons. Au milieu de chacun de ces côtés est un axe fixe; ils doivent être bien centrés, devant faire l'office d'un seul axe qui traverserait le brancard; ces axes entrent dans les côtés du châssis d'une bringueballe qui embrasse tout le système; elle est à peu près semblable à celle des pompes à incendie. L'axe du mouvement de la bringueballe est supporté par deux poteaux verticaux, et le bras qui regarde la losange se trouve divisé au tiers de sa longueur par les axes du brancard. Il est visible qu'avec cet appareil, les hommes agissant sur les barres, feront hausser ou baisser le brancard, parce que les roulettes à épaulement parcourant les ouvertures de ses côtés, permettront à la losange de s'ouvrir

et de se fermer alternativement, ce qui produit le jeu des pistons dont les tiges se maintiendront dans la même verticale, parce que, en vertu de ce mécanisme, les points de la losange où elles sont attachées tendent à décrire en même temps deux courbes planes verticales, égales et semblables, lesquelles sont adossées, ayant leur concavité tournée dans des sens opposés. Ainsi, ces points ne peuvent suivre que leur tangente commune, qui est la verticale.

657. Les fig. 23 (Pl. XIX) et 18, 19 (Pl. XX) représentent des balanciers en fer fondu, employés dans les machines à vapeur; les fig. 11, 12 et 13 indiquent des balanciers en bois, destinés au même usage. On voit, fig. 22 (Pl. XVIII), l'extrémité d'un varlet auquel on peut adapter deux bièles en divers sens. La figure 23 représente deux varlets mus simultanément, mais en sens contraire, par des bièles horizontales.

CHAPITRE VI.

Des colonnes d'eau et des vis communicatrices.

GENRE TROISIÈME. — Des communicateurs.

Colonne d'eau de M. Baader (*a*).

658. La méthode de transmettre le mouvement à de grandes distances, au moyen des varlets et de bièles, comme dans les machines connues sous le nom de *feld-gestangen*, et dans l'ancienne machine de Marly, est extrêmement coûteuse,

(*a*) Rapport fait à l'Institut par MM. *Monge*, *Coulomb* et *de Prony*.

et a le grave inconvénient d'absorber par des frottemens multipliés la plus grande partie de la force motrice. M. *Baader*, pour éviter de telles défectuosités, a imaginé les moyens de transmettre le mouvement à un éloignement quelconque, au moyen d'une colonne d'eau. Il paraît que l'idée d'employer l'eau comme conducteur de forces motrices, appartient originairement à Pascal; mais, si la priorité de la découverte du principe n'appartient pas à M. *Baader*, du moins il a celle de l'application.

659. Soit un tuyau d'une longueur quelconque; à l'extrémité de ce tuyau est un cylindre; sa force agissante sur le piston, contenu dans ce cylindre, que M. *Baader* appelle piston actif, fera mouvoir la colonne d'eau qui agira sur la surface d'un autre piston, qu'il nomme piston passif, et qui est placé dans la branche verticale, adaptée à l'autre bout du tuyau horizontal.

Il est évident que l'énergie avec laquelle l'extrémité de la colonne d'eau agira sur la surface du piston passif, sera toujours égale à la pression qui lui est communiquée à l'entrée de la conduite par un ou plusieurs pistons actifs, déduction faite de la résistance qu'oppose le frottement de l'eau dans les tuyaux de conduite. Si donc cette pression est représentée par une colonne verticale d'une hauteur donnée, la force agissante sur le piston de la machine sera la même que s'il y avait un réservoir duquel l'eau tomberait continuellement par un tuyau recourbé; c'est-à-dire, la force correspondra à la hauteur de la charge due à cette hauteur, moins le déchet inévitable que cause le frottement ou l'adhésion de l'eau dans son passage à travers la conduite : résistauce qu'on peut cependant réduire à peu de chose, en faisant les tuyaux assez larges, et en donnant à la masse d'eau qui doit y passer un mouvement très-lent, continuel et égal.

660. Il est évident, dit M. *Baader*, que ce nouveau moyen de conduire les forces motrices et le mouvement, sera susceptible d'une infinité d'applications aussi utiles qu'étonnantes. C'est ainsi, par exemple, que, par le mécanisme dont on se sert pour produire un mouvement rotatif dans les machines à vapeur, on pourrait établir au milieu d'une ville un grand moulin ou autre usine quelconque, dont l'action continuelle serait effectuée par un courant d'eau, et une roue située à une lieue de distance, sans qu'il y eût aucun mécanisme de communication visible à la surface, et sans que les maisons, les murs, les jardins, les routes, etc., qui se trouveraient entre la machine et la roue, en pussent empêcher l'effet, puisque les tuyaux de conduite peuvent être posés à deux ou trois pieds sous terre.

LIVRE TROISIÈME.

Des modificateurs.

661. J'ai donné le nom de *modificateurs* aux organes mécaniques destinés à modifier les deux élémens du mouvement, la force et la vitesse, en augmentant l'une par la diminution proportionnelle de l'autre. J'ai distribué ces sortes d'organes en six classes : la première renferme les *leviers ;* la seconde, les *treuils ;* la troisième, les *poulies ;* la quatrième, les *roues ;* la cinquième, les *vis* et les *coins ;* la sixième enfin, les *presses hydrauliques*.

CHAPITRE PREMIER.

Des Leviers.

662. Un levier n'est autre chose qu'un corps mobile, dont la forme, la matière et les dimensions peuvent varier indéfiniment, mais dont la propriété essentielle est d'être mobile autour d'un point de rotation, et de recevoir l'action d'une puissance et d'une résistance.

663. La position du point de rotation et des deux autres points où la puissance et la résistance sont appliquées, sont les signes caractéristiques qui distinguent entre eux les leviers depuis long-temps distribués en trois genres.

664. Nous nous bornerons ici à indiquer leur classification.

Des détails amples et circonstanciés sur ces machines dont l'utilité est très-grande, sont développés dans le *Traité spécial du mouvement des fardeaux*.

ORDRE TROISIÈME. — *MODIFICATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — LEVIERS.

GENRE PREMIER. — Leviers où le point de rotation est intermédiaire entre la puissance et la résistance.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Levier simple.*

665. J'appelle *levier simple*, celui qui n'est combiné avec aucun autre organe, et qui agit par lui-même sans intermédiaire.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Levier droit.*

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Levier courbe ou angulaire.* Pl. XXIII, fig. 3.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Leviers à roulettes.* Pl. XXIII, fig. 2.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Levier composé.*

666. Le levier composé résulte de la combinaison de plusieurs leviers simples agissant les uns sur les autres. La fig. 1 (Pl. XXIII) indique un exemple de ces sortes de combinaisons que l'on peut varier de différentes manières, et qu'il est inutile d'énumérer.

667. GENRE DEUXIÈME. — Leviers où la puissance est intermédiaire entre le point de rotation et la résistance.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Levier simple.*

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Levier composé.*

668. GENRE TROISIÈME. — Leviers où la résistance est intermédiaire entre le point de rotation et la puissance.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Levier simple.*

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Levier composé.*

CHAPITRE II.

Des treuils.

CLASSE DEUXIÈME. — TREUILS.

669. Le nom *treuil* indique un rouleau ou cylindre tournant sur son axe, et sur lequel s'enveloppe une corde ou une chaîne. Je distingue trois genres de treuils : 1°. les verticaux (Planche XXIII, fig. 14 et 16); 2°. les horizontaux (fig. 10, 15, 17, 27 et 28); 3°. les treuils à deux parties (fig. 8 et 9).

GENRE PREMIER. — Treuils verticaux.

670 On donne ordinairement à ces sortes de treuils le nom de *cabestans*. Il y en a de deux espèces, de fixes et de mobiles.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Cabestan fixe.* Pl. XXIII, fig. 14 et 16.

671. Le cabestan fixe est celui qui est destiné à travailler constamment à la même place; tels sont les cabestans placés à demeure sur les ports, et les grands cabestans des vaisseaux.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Cabestan tournant sur un axe fixe.* Pl. XXIII, fig. 14.

672. Un axe de fer de forme conique, solidement inséré dans un massif de maçonnerie, sert en même temps de support et

de centre de rotation au cabestan qu'il traverse intérieurement. Le fût du cabestan, revêtu ordinairement de taquets, doit avoir la forme d'un tronc de cône, pour empêcher que la corde ne glisse et ne tombe.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Cabestan tournant dans des gorges fixes, à un seul fût.*

673. Ce cabestan qu'on emploie ordinairement sur les vaisseaux traverse les planchers qui lui servent de support.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Cabestan à deux fûts, tournant dans des gorges fixes.*

674. Il ne diffère du précédent qu'en ce que, traversant plusieurs étages du bâtiment où il est placé, il a deux fûts; il peut même en avoir un plus grand nombre, pour qu'on puisse multiplier, sans confusion, les ouvriers destinés à le faire agir. Il existe sur les grands vaisseaux des cabestans que l'on fait manœuvrer par plus de cent ouvriers travaillant simultanément.

Le traité du mouvement des fardeaux renferme la description détaillée des divers cabestans, et il indique les moyens qui ont été proposés pour éviter dans la manœuvre l'opération de *choquer*, qui fait perdre beaucoup de temps, et qui n'est pas toujours exempte de danger.

GENRE DEUXIÈME. — Treuils horizontaux.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Treuils simples.*

675. J'appelle ainsi ceux qui ne sont combinés qu'avec des leviers ou des récepteurs zooliques. Tels sont : 1°. les moulinets à leviers fixes; 2°. les vireaux à leviers mobiles; 3°. les treuils garnis de roues à chevilles; 4°. ceux garnis d'une roue à tambour, ou d'une roue à double force; 5°. ceux qui

agissent au moyen de l'échelle flexible; 6°. ceux qui reçoivent le mouvement communiqué à une manivelle, etc.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Treuils composés.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Treuils combinés avec des engrenages.*

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Treuils combinés avec un autre treuil.* Pl. XXIII, fig. 18.

GENRE TROISIÈME. Treuils à deux parties.

676. Les treuils à deux parties offrent à une petite force un moyen très-simple de vaincre une très-grande résistance. Il y en a de deux espèces; dans ceux de la première, les deux parties constituantes sont réunies sur un même axe; dans ceux de la seconde, ces parties sont séparées.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Treuils à parties réunies.* Pl. XXIII, fig. 8.

677. Les deux parties *a* et *b* sont concentriques; mais leurs diamètres ne sont pas égaux. La corde *m m* est enveloppée sur la partie *a*, qui est la moins grosse, mais la plus longue; elle descend verticalement, passe dans la poulie *q*, et remonte pour s'enrouler en sens inverse sur la partie *b*. Si les deux parties étaient égales, il est certain que la poulie *q* ne pourrait jamais monter; puisque, dans ce cas, la portion de corde développée serait égale à celle qui s'enroule; mais l'une des parties étant plus grosse que l'autre, la quantité de corde qui s'enveloppera sur celle-ci, dans un tour, sera plus grande que celle qui se développera de l'autre côté, et la différence sera égale à celle qu'il y a entre les circonférences du treuil; conséquemment, la poulie étant mobile, le poids qui y est attaché parcourra un espace qui, comparé à celui que décrira en même temps la puis-

sance motrice, sera comme la demi-différence des deux rayons des treuils au rayon de la manivelle.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Treuils à parties séparées*. Pl. XXIII, fig. 9.

678. Les deux parties séparées de différens diamètres sont placées parallèlement en face l'une de l'autre, et communiquent entre elles, ou par le moyen d'une corde sans fin, ou par un engrenage; dans ce cas, les deux parties doivent avoir chacune une roue dentée de même diamètre, et ces deux roues doivent engrener avec un pignon commun qui les mettra en mouvement. L'effet produit par ces deux espèces de treuils est le même.

APPLIC. Aux pressoirs, à l'élévation des fardeaux à de médiocres hauteurs.

CHAPITRE III.

CLASSE TROISIÈME. — POULIES.

679. Je distribue les poulies en deux genres : poulies à un seul rang de rouets; et poulies à plusieurs rangs.

GENRE PREMIER. — Poulies à un seul rang de rouets.

*680. Dans une poulie, quelle qu'en soit l'espèce, on distingue plusieurs parties, dont les principales sont la *chape*, les *rouets* et l'*axe*. La *chape* renferme et soutient les rouets; si elle en contient plusieurs, elle change de nom et prend celui de *moufle*. Les rouets sont de petites roues de métal ou de bois dur, dont le contour est creusé légèrement pour recevoir la corde qui doit

s'y envelopper. L'axe est un petit cylindre inséré fixement dans le moufle, qui traverse les rouets dans leur centre, de telle manière qu'ils puissent librement tourner sur lui.

Il existe deux espèces de poulies à un seul rang de rouets : 1°. poulies à un seul rouet ; 2°. poulies à plusieurs rouets.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Poulies à un seul rouet.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Poulies estropées à chape, axe et rouet de bois.*

681. On appelle poulies estropées, celles dont la chape est environnée par une corde contenue dans une goujure creusée à cet effet. Cette corde, que l'on nomme *estrope*, doit avoir une longueur suffisante pour lier la poulie aux points fixes, ou aux objets auxquels elle doit être attachée.

682. On emploie ordinairement le bois d'orme pour la chape, le chêne vert pour l'axe, et le gaïac pour les rouets : telles sont la plupart des poulies dont on se sert dans le gréement des vaisseaux.

DEUXIÈME VARIÉTÉ — *Poulies à chape de bois, axe de fer, rouet de cuivre et à bande de fer.*

683. Ces sortes de poulies ont une grande solidité, et on doit les préférer à toutes les autres, lorsqu'il s'agit de faire de puissans efforts. La chape est environnée par une bande de fer qui remplace l'estrope. Cette bande porte un anneau ou un crochet. Le crochet doit tourner librement, afin que la poulie puisse se disposer de manière que les cordes tirent directement et san se croiser.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Poulies à chape de fer, axe de fer et rouet de cuivre.*

684. Quoique les poulies à chape de fer semblent, au premier

abord, plus solides que celles à chape de bois, cependant l'expérience a démontré que celles-ci offrent une plus grande résistance, et on les préfère dans les grandes opérations de marine.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Poulies à chape ouverte.*

685. Ces sortes de poulies sont connues sous le nom de *galoches*. L'ouverture pratiquée dans la chape donne la facilité d'ôter et de remettre la corde sans perte de temps.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Poulies à plusieurs rouets.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Poulies à deux rouets.*

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Poulies à trois rouets.*

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Poulies à quatre rouets.*

686. On ne se sert que très-rarement de poulies qui aient plus de quatre rouets sur un seul axe.

GENRE DEUXIÈME. — Poulies à plusieurs rangs de rouets.

687. Je distribue ces sortes de poulies en trois espèces : 1°. poulies dont les rouets du rang inférieur ont un plus petit diamètre que les autres ; 2°. poulies dont les rouets ont tous un même diamètre, mais qui sont placés dans la chape, de manière que les *fentes* des rouets supérieurs correspondent au *plein* du rang inférieur et réciproquement ; 3°. poulies dont l'axe inférieur croise perpendiculairement le supérieur. Ces trois dispositions ont le même but, qui est d'empêcher que les branches montantes et descendantes de la corde ne se confondent et ne se froissent les unes contre les autres.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Poulies dont les rouets du rang inférieur ont un plus petit diamètre que les autres.* Pl. XXIII, fig. 11.

688. Cette disposition offre un inconvénient notable : c'est que la corde éprouve une plus grande difficulté à se ployer sur les rouets d'un petit diamètre, et occasione une perte de force plus considérable.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Poulies dont les rouets ont tous un même diamètre, et sont placés dans la chape de manière que les fentes des rouets supérieurs correspondent au plein du rang inférieur, et réciproquement.* Pl. XXIII, fig. 12.

689. Cette disposition exige que le nombre de rouets soit impair. Elle est préférable à la précédente à cause de l'égalité des diamètres.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Poulies dont l'axe inférieur croise perpendiculairement le supérieur.* Pl. XXIII, fig. 13.

690. Ces sortes de poulies jouissent de l'avantage qu'obtiennent les précédentes de l'égalité des diamètres.

CHAPITRE IV.

Des roues modificatrices.

691. Nous donnerons la qualification de *modificatrices*, aux roues destinées à modifier la vitesse des organes mécaniques pour les distinguer d'avec les roues communicatrices, dont l'emploi est de transmettre le mouvement d'un organe à un autre. La

forme de ces deux sortes de roues est souvent semblable ; mais leurs destinations différentes ne permettent point de les confondre. On remarque cependant, dans un grand nombre de machines, des roues qui remplissent simultanément les deux fonctions de communicatrices et de modificatrices; mais on doit toujours néanmoins les examiner séparément sous les deux rapports, car il se pourrait qu'elles remplissent l'une de ces fonctions d'une manière satisfaisante, et qu'elles ne fussent point appropriées à l'autre.

692. Je distingue deux genres de roues modificatrices; les unes modifient la vitesse uniformément, et les autres la modifient avec une variabilité déterminée.

GENRE PREMIER. — Roues modifiant la vitesse uniformément.

693. Ces roues appartiennent à différentes espèces suivant la qualité des organes avec lesquels elles sont combinées. Ainsi, elles appartiennent à la première espèce si la combinaison n'est composée que de roues; à la seconde, lorsqu'elles sont combinées avec des leviers; à la troisième, lorsqu'elles le sont avec des vis sans fin.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Roues combinées entre elles.* Pl. XXIII, fig. 20.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Combinaison de deux seules roues.*

694. Les premiers élémens de mécanique théorique enseignent que, si deux roues sont combinées entre elles, les nombres de tours que l'une et l'autre décriront en même temps, sont en raison inverse du nombre de leurs dents, de sorte que, si l'une a six dents et l'autre soixante, la petite roue décrira dix tours, tandis que la grande n'en décrira qu'un seul.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Combinaison d'un nombre quelconque de roues.*

695. Si plusieurs roues engrènent ensemble, pour avoir le rapport de vitesse de la première et de la dernière, on multiplie, d'un côté, entre eux, les nombres de dents de la première roue, de la troisième, de la cinquième, etc., et de l'autre ceux de la seconde, de la quatrième, de la sixième, etc.; en comparant ces produits, on aura le rapport cherché, de sorte que ce rapport est en raison composée des dentures des pignons ou roues qui transmettent le mouvement, et de celles des roues qui le reçoivent.

696. Lorsqu'on détermine les dentures, on suit généralement la règle de donner aux roues, des nombres de dents qui ne soient point exactement multiples de ceux des pignons, de sorte que, si l'on veut que le pignon fasse cinq tours et la roue un seul, en supposant que le pignon ait dix dents, au lieu de donner à la roue cinquante dents, on lui en donne quarante-neuf ou cinquante-une, et cela pour que les dents se rencontrent moins fréquemment. On suit aussi la règle de rendre les dentures le plus nombreuses qu'il est possible pour que le mouvement ait plus de douceur, et pour que les dents aient moins de saillie et éprouvent un moindre effort.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Combinaison de leviers et de roue.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Leviers à griffes de* la Garousse. Planche XXIII, fig. 4, 5, 6 et 7.

697. M. *De la Garousse* a imaginé quatre sortes de leviers à griffes; celui de la fig. 4 est composé d'une roue à denture oblique, autrement dite *roue à rochet*, et d'un levier *a b* armé

de deux griffes mobiles autour de leur point de suspension; l'une des griffes tire tandis que l'autre échappe; ainsi chaque vibration complète du balancier fera avancer la roue de deux dents, et on aura le rapport des vitesses en comparant ce chemin que la roue parcourt avec celui qui est en même temps parcouru par l'une des extrémités du levier. Le levier de la fig. 5 est vertical, et le moteur agit à son extrémité supérieure; le centre de rotation est en *a*, et les griffes ou pieds de biche agissent sur les fuseaux d'une lanterne *b*. La roue de la fig. 6, taillée à rochet, est horizontale, et le levier *a a* est vertical. On voit (fig. 7) que le levier et la roue sont verticaux, et que le levier n'a qu'une seule griffe *d*, la roue étant retenue en sens contraire par un cliquet *c*.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Leviers à griffes de* Pérault. Pl. XXI, fig. 24.

698. Nous croyons devoir placer dans cette catégorie le levier de *Perrault*, quoiqu'il n'agisse point sur une roue, mais sur une crémaillère à double denture *a b*. A chaque vibration, le balancier s'élève de deux *crans* si la barre est fixe, ou bien la barre s'abaisse si le point de suspension du balancier est fixe, et la barre mobile, dans une coulisse.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Combinaison de roues et vis sans fin*. Pl. XXIII, fig. 19.

699. Si on combine une roue dentée et une vis sans fin, la roue avancera d'une dent à chaque tour de la manivelle adaptée à la vis sans fin.

GENRE DEUXIÈME.—Roues modifiant la vitesse avec une variabilité déterminée.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Combinaisons de bascules et de roues dentées.* Pl. XXVI, fig. 18, 19 et 20.

700. Ces trois figures représentent diverses combinaisons au moyen desquelles on imprime à une tringle *a a* un mouvement alternatif dont le nombre d'allées et de venues, leur étendue et leur vitesse, varient à l'infini, soit par les différens rapports de leur diamètre, soit par les divers arrangemens et proportions de leurs parties.

Appl. A diverses machines pour dévider la soie, décrites dans *l'Encyclopédie méthodique*.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Roues de* Roëmer. Pl. XXII, fig. 18.

701. Un pignon conique *a* et taillé dans toute sa longueur, engrène dans une roue également conique, mais taillée obliquement comme l'indique la fente 1, 2, 3, 4. Les dents sont inégalement espacées; celles dont l'écartement est le plus grand, se trouvent dans la partie la plus grosse de la roue, et engrènent avec la partie supérieure du pignon; les autres engrènent dans une partie plus ou moins basse, suivant leur degré d'éloignement. La forme et les dimensions de chacune des dents doivent être déterminées par la forme et la position de la partie de la cannelure du pignon avec laquelle elles doivent engrener.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Cône à cannelures spirales*. Pl. XXVI, fig. 16.

702. Soit un cylindre *a* et un cône *b*, communiquant au moyen d'une corde qui s'enveloppe sur l'un et se développe sur l'autre. Il est évident que le mouvement uniforme du cylindre en produira un d'une variabilité déterminée sur le cône et les organes qui y seront annexés.

CHAPITRE V.

Vis et coins.

703. On combine les vis avec de grands leviers, comme dans les pressoirs que nous décrirons dans le livre VI, ou avec des engrenages. La fig. 21 (Pl. XXIII) représente un engrenage qui met en mouvement simultanément deux vis, de sorte que l'écrou *a* commun à toutes les deux s'élève, conservant toujours son parallélisme. Deux roues dentées d'un même diamètre sont placées à la partie inférieure de chaque vis, et elles communiquent entre elles au moyen d'un pignon intermédiaire; l'une de ces roues porte à sa partie supérieure une denture conique qui communique avec l'engrenage *m m*, que la manivelle *d* met en mouvement.

704. Les fig. 15, 16, 21 (Pl. XVIII), et 25, 26 (Pl. XXI), indiquent diverses sortes de vis. M. *de Prony* a imaginé une espèce de vis très-ingénieuse représentée (Pl. XXIII) fig. 23. A B, est un axe divisé en trois parties *b*, *c*, *d*; les deux vis *b*, *d* sont du même pas; elles traversent deux supports fixes *m*, *n* où il y a deux écrous; cet axe se meut horizontalement, et parcourt à chaque tour un espace égal au pas de la vis; *c* forme une autre vis dont le pas est moindre ou plus grand que celui des vis *b* et *d* d'une quantité aussi petite qu'on voudra : on y introduit un écrou *x*; cet écrou ne peut tourner en même temps que l'axe, car il en est empêché par la banquette *e f*; mais il parcourt, à chaque tour de l'axe, un espace égal à celui de son pas de vis; il participe par conséquent de deux mouvemens opposés, l'un, celui de la translation absolue de l'axe, et l'autre, re-

latif à cet axe même; en sorte qu'il ne parcourt que la différence de ces deux mouvemens. L'on peut supprimer l'une des deux vis *b d*, en y suppléant par un simple axe.

Appl. M. *de Prony*, réfléchissant que l'excessive ténuité des pas des vis employées dans les micromètres ordinaires contribue à leur inexactitude et à leur peu de durée, y a substitué la vis que nous venons de décrire.

705. Les coins ne peuvent être employés en mécanique que pour produire de très-petits mouvemens; leurs usages principaux sont de fendre et de comprimer.

CHAPITRE VI.

Presses hydrauliques.

706. La première idée des presses hydrauliques est due à *Pascal*. Si un vaisseau plein d'eau (dit ce célèbre géomètre dans son *Traité de l'équilibre des liqueurs*), si un vaisseau plein d'eau, clos de toutes parts, a deux ouvertures, l'une centuple de l'autre; en mettant à chacune un piston qui lui soit juste, un homme poussant le petit piston égalera la force de cent hommes. Et, quelque proportion qu'aient ces ouvertures, si les forces qu'on mettra sur les pistons sont comme les ouvertures, elles seront en équilibre. D'où il paraît, ajoute-t-il, qu'un vaisseau plein d'eau est un nouveau principe de mécanique, et une machine nouvelle pour multiplier les forces à tel degré que l'on voudra, puisqu'un homme, par ce moyen, pourra enlever tel fardeau qu'on lui proposera. Et l'on doit admirer qu'il se rencontre dans cette machine nouvelle cet ordre constant qui se trouve en toutes les anciennes; savoir, le levier, le tour, la

vis sans fin, etc., qui est, que le chemin est augmenté en même proportion que la force; car il est visible que, comme une de ces ouvertures est centuple de l'autre, si l'homme qui pousse le piston l'enfonçait d'un pouce, il ne repousserait l'autre que de la centième partie seulement: car, comme cette impulsion se fait à cause de la continuité de l'eau qui communique de l'un des pistons à l'autre, et qui fait que l'un ne peut se mouvoir sans pousser l'autre; il est visible que, quand le petit piston se meut d'un pouce, l'eau qu'il a poussée poussant l'autre piston, comme elle trouve son ouverture cent fois plus large, elle n'y occupe que la centième partie de sa hauteur; de sorte que le chemin est au chemin, comme la force est à la force.

707. Cette idée lumineuse de *Pascal* a été stérile jusqu'en 1796, époque à laquelle M. *Bramah* de Londres prit une patente pour l'invention d'une presse hydraulique construite sur le même principe. Les Anglais font un grand usage de cette presse, au moyen de laquelle ils obtiennent avec facilité et sans complication, d'énormes pressions, dans un espace très-resserré, et en n'employant qu'une force motrice très-médiocre. Ils s'en servent surtout pour comprimer les matières légères, telles que le foin, le coton, etc., et en faciliter le transport en diminuant considérablement leur volume.

708. La presse de M. *Bramah*, représentée fig. 29 et 30 (Pl. XXIII), consiste en deux forts cylindres métalliques de différens diamètres. Chacun de ces cylindres est muni d'un piston; le piston du petit cylindre correspond à un bras de levier sur lequel agit le moteur qui doit opérer sur cette machine; le piston du grand cylindre est surmonté d'une plaque en fonte, sur laquelle on place les objets que l'on veut comprimer. Le grand cylindre est placé dans un cadre de fer très-solide, dont la partie supérieure, parallèle à la plaque du piston, sert de plan réacteur, de

sorte que la compression est produite par le rapprochement de la plaque du piston à ce plan. Les deux cylindres communiquent par un tuyau horizontal. Le petit cylindre immergé dans une bâche remplie d'eau, est muni de deux soupapes, par l'une desquelles l'eau entre dans le cylindre, et elle sort par l'autre. Lorsque l'agent moteur soulève le levier et le piston qui y est annexé, la première s'ouvre, et la seconde se ferme; le contraire arrive lorsqu'il l'abaisse.

709. *a b c d*, cadre de la presse; — *i i*, grand cylindre dans lequel se meut le piston *f f*, surmonté de la plaque de fonte E E, qui communique la pression aux objets H. — Q R, bâche remplie d'eau dans l'intérieur de laquelle est ajustée une petite pompe foulante *k*, dont le piston est marqué par la lettre *l*; — *m*, *n* soupapes. Lorsqu'on soulève le piston *l*, la soupape *m* s'ouvre de côté en allant de droite à gauche; l'autre soupape *n* se ferme; lorsqu'on abaisse le piston, la soupape *m* se ferme, et la soupape *n* s'ouvre pour que l'eau puisse passer dans le grand cylindre en traversant le tuyau horizontal. La soupape *n* communique à un petit ressort qui l'empêche de s'ouvrir par son propre poids. Un autre ressort comprime également la soupape *m*, pour la tenir fermée jusqu'au moment où le piston *l* commence à s'élever. Une tige verticale *t u*, mobile sur la ligne du milieu comme axe, porte un mentonnet qui, en pressant la tête de la soupape *m*, oblige cette soupape à s'ouvrir; ce qui rétablit la communication entre le corps de pompe *k* et le réservoir d'eau Q R. Pour desserrer ensuite les objets H pressés sur la plaque E E, on abaisse le levier, la soupape *n* s'ouvre, et la soupape *m* étant tenue également ouverte par l'action du mentonnet de la tige *t u*, le grand cylindre *i i* communique avec la bâche Q R, et le piston *f f* n'étant plus pressé, descendra ainsi que la plaque E E.

LIVRE QUATRIÈME.

Des supports.

710. Les organes qui composent une machine, quoique mutuellement dépendans les uns des autres, ont cependant des mouvemens particuliers qui leur sont propres. L'intime relation qui existe entre eux ne doit nuire aucunement à ces mouvemens.

711. J'appelle *supports*, les parties qui soutiennent les organes individuellement, et qui en même temps les réunissent entre eux. Je distingue trois classes de supports. Je donne à ceux de la première le nom de *supports rotatifs*, parce qu'ils permettent aux organes de se mouvoir circulairement dans un ou dans plusieurs sens déterminés. Je nomme *supports locomobiles*, ceux de la seconde, qui laissent aux organes la faculté de se transférer d'un point de la machine à un autre. Et enfin j'appelle *supports tenaces*, ceux qui saisissent les organes de manière à ne leur laisser aucun autre mouvement que celui qu'ils peuvent avoir eux-mêmes.

CHAPITRE PREMIER.

Des supports rotatifs.

712. Les *supports rotatifs* sont de trois genres. Les uns permettent aux organes de tourner dans un seul sens déterminé, les autres dans deux sens, les derniers dans tous les sens.

ORDRE QUATRIÈME. — *SUPPORTS.*

CLASSE PREMIÈRE. — SUPPORTS ROTATIFS.

GENRE PREMIER. — Supports rotatifs dans un seul sens déterminé.

713. Tous les supports des roues, des balanciers, et généralement des organes tournans appartiennent à ce genre, dans le cas où ils soient inamovibles; mais dans la plupart des machines il est avantageux que les supports puissent avoir un petit mouvement de translation, comme nous le verrons bientôt, alors ils appartiennent au genre des *supports rotatifs locomobiles*.

714. Les supports de ce premier genre changent de nature suivant la position de l'axe de rotation qu'ils supportent. Cet axe peut être vertical ou horizontal : dans ce dernier cas, ou il est mobile et intimement uni à la roue; ou bien il est fixe, et alors il devient lui-même *support*. Nous établirons les espèces de ce genre d'après cette distinction.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Supports des axes verticaux.*

715. On donne communément à ces sortes de supports le nom de *crapaudine*. On voit (Pl. XIV, fig. 5) une crapaudine marquée *aa* d'un grand axe vertical. Les crapaudines doivent être composées de matières dures, homogènes, capables de résister victorieusement à la corrosion; dans les moulins on emploie à cet usage des pierres siliceuses, et dans les petites machines on se sert de cristaux, d'agates et d'autres pierres analogues. Lorsque les crapaudines sont en cuivre, on a soin d'insérer un bouton d'acier dans la partie du fond la plus exposée à la corrosion. Quelle que soit la matière employée, il faut toujours avoir soin de remplir la cavité de la crapaudine de

matière huileuse, que l'on aura soin de renouveler fréquemment pour prévenir le trop grand échauffement que contracterait cette partie pendant la rotation, si on négligeait cette utile précaution.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Supports des axes horizontaux mobiles.*

716. Dans quelques grandes machines ces sortes de supports sont composés de blocs de marbre légèrement creusés; tel est dans les moulins à vent le support du grand collet de l'axe du volant. Ordinairement ils sont de cuivre, et ont la forme indiquée (Pl. XIV, fig. 7). Les supports en *chêne vert* me semblent préférables dans plusieurs machines. J'ai eu occasion de les employer avec succès, et j'ai reconnu qu'ils résistaient mieux à la corrosion que ceux en cuivre. Avant de les mettre en œuvre, il faut les laisser séjourner quelque temps dans de l'huile bouillante.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Supports à rainure.*

717. Les axes en tournant sont sujets à éprouver de petites oscillations horizontales qu'il est utile de supprimer; un des moyens dont on se sert à cet effet, est de pratiquer une rainure dans les supports, à laquelle doit correspondre une couronne saillante, qui environnera l'axe. Cette couronne insérée dans la rainure et retenue par elle produira l'effet recherché.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Support à tige.*

718. La fig. 30 (Pl. XIV) représente un *support à tige* dont on se sert dans les machines à carder.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Support à couvercle.*

719. Les fig. 33 et 34 (Pl. XIV) représente un *support à couvercle* très-utile dans les machines où l'axe éprouve des tractions non-seulement du haut en bas, mais aussi du bas en haut ou bien latéralement. Ce support porte dans sa partie inférieure une plaque *b* à queue d'hirondelle qui, insérée dans la pièce de bois à laquelle le support est fixé, l'empêche d'éprouver aucun déplacement. Deux vis *d d* réunissent le couvercle et le support, de manière qu'ils puissent être rapprochés plus ou moins suivant l'exigence. Un trou *m* est pratiqué à la partie supérieure du couvercle pour servir à l'introduction des matières onctueuses destinées à adoucir le mouvement de l'axe. La fig. 2 (Pl. XXIV) représente un support à couvercle en bois semblable à ceux qui sont employés dans les moulins à organsiner.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Autre support à couvercle.*

720. La fig. 36 (Pl. XIV) indique une *autre sorte de support à couvercle*, environné et retenu par une bride en fer *m m m m m*. Cette bride a de chaque côté des rebords saillans *a a*, *a a* qui affermissent le support et le couvercle, et les empêchent de vaciller; elle est fixée sur la pièce de bois au moyen de deux vis à écrou. La bride et le couvercle doivent être perforés dans le haut, pour faciliter l'introduction des matières grasses.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Support à languettes.*

721. La fig. 25 (Pl. XIV) représente le plan et l'élévation

d'un support à deux languettes *a a*, et la fig. 24 exprime un support à quatre languettes. Dans l'un et dans l'autre, les languettes ou parties saillantes latéralement, entrent dans des rainures correspondantes, pratiquées dans les montans métalliques entre lesquels les supports doivent être placés, et elles les y affermissent d'une manière inébranlable.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Support à roulettes*. Pl. XXXI, fig. 29.

722. L'axe repose sur deux roulettes *a b*, lesquelles, tournant avec lui, diminuent singulièrement les frottemens. On a mis en usage cette méthode dans la belle grue tournante placée sur le port du Louvre. La fig. 3 (Pl. XXII) représente une couronne cylindrique tournante *a* qui est soutenue par trois roulettes *b*, *b*, *b*; ces roulettes ont une cannelure creusée dans leur circonférence, au moyen de laquelle la couronne est soutenue sans l'empêcher de tourner.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Axes-supports*.

723. Dans toutes les poulies et les moufles, l'axe, étant fixe, sert de support. Il en est de même dans toutes les voitures roulantes.

GENRE DEUXIÈME. — Supports rotatifs qui permettent aux organes de tourner en deux sens.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Joints brisés simples*.

724. Les joints brisés simples sont formés par deux axes qui se croisent perpendiculairement, et sur chacun desquels deux parties séparées tournent indépendamment l'une de l'autre.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Joints brisés à cercles concentriques.* Pl. XIV, fig. 14 et 15.

725. Le cercle x tourne sur les pivots a a : ce cercle porte lui-même les pivots b b d'un cercle intérieure y.

APPLIC. A la suspension des boussoles.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Joints brisés à étriers.* Pl. XIV, fig.31.

726. On conçoit aisément que les étriers a et b ont un double mouvement en deux sens.

APPL. A un laminoir inventé par M. *Droz* : — à un semoir de *Wright*, décrit dans le 14[eme]. volume du *Répertoire des arts et manufactures*, imprimé à Londres. — MM. *Bettancourt* et *Breguet* (*a*), ont fait une application très-ingénieuse de ce mouvement à leur télégraphe, dans les points où la ligne télégraphique fait des angles; ils ont démontré, dans un mémoire qu'ils ont présenté à l'Institut, que, si le mouvement de rotation de l'un des deux axes est uniforme, celui de l'autre sera variable; et le rapport de la vitesse du premier à celle du second sera le même que celui qu'il y a entre la valeur réelle des angles formés sur la surface d'un cercle perpendiculaire au premier axe, par des rayons qui partagent sa circonférence en un certain nombre de parties égales, et la valeur apparente de ces mêmes angles, mesurés par un observateur placé à une très-grande distance dans une direction parallèle à celle du second axe. La connaissance de cette propriété est très-utile pour calculer les différences de résistance qui ont lieu dans ce mouvement, surtout quand on l'applique en grand. En Hollande, on fait

(*a*) *Essai sur la composition des machines par MM.* Lantz et Bettancourt.

usage du joint brisé pour changer l'inclinaison des vis d'Archimède employées aux épuisemens et mues par des moulins à vent.

DEUXIÈME ESPÈCE.— *Doubles pivots*. Pl. XIV, fig. 10 et 11.

727. Le pivot vertical *a b*, est inséré dans un trou pratiqué au milieu d'un essieu horizontal *dd*, dont on voit le plan (fig. 11). Cet essieu, élargi dans son milieu, porte deux rebords 1, 2, et est terminé par les deux parties cylindriques 3 et 4. Le pivot *a b* a aussi deux rebords 5, 6, pour contenir l'essieu. Taudis que le pivot tourne horizontalement, l'essieu peut avoir un mouvement circulaire vertical.

Appl. A la vis de la machine à curer, de Venise.

GENRE TROISIÈME. — Supports rotatifs qui permettent aux organes de tourner en tous sens.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Boule renfermée entre deux cavités sphériques.*

728. Si l'on suppose qu'une boule soit terminée par une tige; qu'à cette tige soit adapté l'organe que l'on veut rendre mobile en tous sens; que cette boule soit renfermée dans deux cavités sphériques, ayant une courbure semblable à la sienne; on concevra très-facilement que cette boule donnera à l'organe la faculté de tourner de tous les côtés. Les cavités sphériques sont réunies inférieurement à des parties cylindriques, traversées par une vis, au moyen de laquelle on peut les rapprocher plus ou moins. On desserre la vis, lorsqu'on veut mouvoir l'organe; on la serre quand on veut la fixer.

Applic. Aux planchettes, et à quelques autres instrumens géodésiques.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Joints brisés composés.*

729. La fig. 30 (Pl. XXV) représente la combinaison de deux joints brisés simples, combinaison qui permet, comme on le conçoit aisément, aux organes qui y sont adaptés, de tourner en tous sens.

CHAPITRE II.

Supports locomobiles.

730. La classe des supports locomobiles contient deux genres; supports qui favorisent un mouvement de translation dans un seul sens, et supports qui permettent des mouvemens de translation en diverses sens.

GENRE PREMIER. Supports qui favorisent un mouvement de translation dans un seul sens.

731. Ce genre contient quatre espèces, supports à coins; supports à coulisses; supports tournans, et supports à chariot.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Supports à coins.*

732. Il est évident que, si la partie inférieure d'un support est taillée obliquement, comme on le voit en *a* (fig. 12, Pl. XXI), et qu'on introduise au-dessous un coin *b*; toutes les fois qu'on poussera ou que l'on retirera le coin, le support s'élèvera ou s'abaissera.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Coins à engrenage.* Pl. XXV, fig. 2 et 3.

733. Pour rapprocher lentement et sans secousse les cylindres des laminoirs, on place sous chacun des deux coussinets inférieurs un coin de fonte *c*, que l'on avance ou recule par le moyen d'une vis *v*, qui entre dans un écrou fixé sur le coin dans un trou circulaire fait dans son intérieur; par ce moyen, la vis s'enfonce dans le coin lorsque l'on tire celui-ci, et elle en sort lorsqu'on le repousse. La vis *v* porte à l'extrémité de sa tige une roue dentée qui engrène avec une vis sans fin *a*, mue par une manivelle. Si l'on veut donner aux deux coussinets un mouvement d'élévation ou de dépression parfaitement semblable, on le peut aisément, en prolongeant les axes de chacune des vis sans fin, qui correspondent à chacun des coins, et en les réunissant comme la fig. 3 (Pl. XXV) le démontre.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Coins à écrou interne.* Pl. XXV, fig. 4.

734. M. *Mollard* a imaginé de faire lever les deux *empoises* inférieures, par deux coins placés entre les deux piliers qui retiennent chaque *empoise*, et de faire mouvoir ces coins par le moyen d'une vis sans fin fixée dans le châssis, et qui s'engrène dans un demi-écrou pratiqué dans toute la longueur du coin.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Supports à coulisses.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Support à mouvement latéral.* Pl. XIV, fig. 32.

735. Au moyen de deux vis *a* et *b*, on peut donner à l'*empoise m*, un petit mouvement le long de la coulisse 1, 2.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Support suspendu.* Pl. XIV, fig. 27 et 29. *Face et profil.*

736. Un étrier a a est suspendu à l'écrou b de la vis d. Cet étrier sert en même temps de support et de coulisse aux *empoises* m et n, dans lesquelles sont placés les pivots de deux cylindres x et y; la vis d sert à rapprocher plus ou moins les cylindres.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Support poussé de bas en haut par une vis.* Pl. XIV, fig. 26.

737. Les deux tiges verticales a et b entrent dans des trous correspondans pratiqués dans l'empoise m, et lui tiennent lieu de coulisse; la vis d élève plus ou moins cette empoise.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Tiges à support.* Pl. XIV, fig. 37.

738. La tige x x, que l'on suppose mobile dans le sens vertical, est terminée supérieurement par le cadre a et b, dans lequel sont placées les empoises m et n, qui servent de support à la barre tournante p p.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Support à crémaillère.* Pl. XXV, fig. 7.

739. La crémaillère a b se meut le long de la tige verticale d, et est retenue par l'étrier mobile c.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Support à oreilles.* Pl. XIV, fig. 8 et 9.

740. Ce support est employé dans de grandes machines pour soutenir des organes très-pesans. La fig. 8 représente le support proprement dit, et fig. 9, le sommier dans lequel il doit être enchâssé de manière à pouvoir être avancé ou reculé dans

la coulisse *b*, au moyen d'un *levier à main*, que l'on fait agir sur une des oreilles *a*, *a*.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Support à vis simples.* Pl. XXV, fig. 1.

741. Le cylindre *b*, soutenu par le support *a a*, peut être rapproché plus ou moins du cylindre *d*, en faisant tourner les écrous *m*, *m*, au moyen d'une clef.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Support à engrenage et à étrier.* Pl. XXV, fig. 18 et 19.

742. Ce support, ingénieusement imaginé, a été adapté aux grands cylindres qui laminent le plomb. L'engrenage sert à rapprocher les deux cylindres, et l'étrier sert à les éloigner.

L'étrier est indiqué par les lettres *m*, *m*, *m*, *m*, *m*; une tige verticale *d*, adaptée à sa partie supérieure, est suspendue à une chaîne qui passe sur la poulie *a*, et se réunit au levier *b b*, auquel est accroché le poids réacteur *p*. Le cylindre *x* est supporté par deux étriers semblables, adaptés à ces tourillons. Le plan de l'engrenage F F est représenté fig. 18. On voit que l'axe 1, 2, est garni de deux vis sans fin, lesquelles engrènent en même temps avec les deux pignons 3 et 4. Chacun de ces pignons communique le mouvement à deux roues dentées d'un même diamètre. Par cet arrangement, toutes les fois qu'on fait tourner l'axe 1, 2, on fait descendre également et parallèlement les deux *empoises* supérieures du cylindre *x*.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Supports suspendus à vis.* Pl. XXV, fig. 14.

743. L'écrou de la vis *a a* porte deux chaînes qui, après avoir passé sur des poulies de renvoi, soutiennent des colliers *b b* qui environnent le cylindre *x*.

DIXIÈME VARIÉTÉ. — *Support des meules horizontales.* Pl. XXV, fig. 11, 12 et 13.

744. Ce support est composé de trois pièces séparées : l'inférieure 13 repose sur la crapaudine, traverse le trou de la meûle *gisante*, et sa fourche *a* entre dans les branches *b*, *b*, de la pièce intermédiaire 12, laquelle est encastrée dans la meule tournante dont elle soutient le poids. La pièce supérieure 11 n'est autre chose que l'extrémité de l'axe vertical tournant, qui met en mouvement la meule; le tenon *m* de cet axe entre carrément dans le trou *o* de la pièce 12.

ONZIÈME VARIÉTÉ. — *Supports à leviers.* Pl. XXIV, fig. 21.

745. Le support *m* est soutenu par le levier *a*, dont le centre de rotation est en *x*. Ce levier communique avec un second levier *b*, tournant autour du point de suspension *y*. L'extrémité du levier *b* porte un poids *p*, et des moufles *q*; l'un sert à élever le support; les autres, à l'abaisser.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Supports tournans.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Grue tournante à levier.* Pl. XXV, fig. 39.

746. Cette grue, employée spécialement dans les grandes forges, sert à transporter des fardeaux placés en *a* d'un point à un autre, compris dans la circonférence que la grue décrit en tournant.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Grue tournante à engrenage et à poulie.* Pl. XXV, fig. 44.

747. Un engrenage *x*, et des poulies *a a*, remplacent le levier

de la grue précédemment décrite. On accroche à la poulie inférieure l'objet qu'on veut transférer. Cette grue est en usage dans les lamineries de plomb.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Axe appuyé contre un plateau tournant.* Pl. XXI, fig. 21.

748. Dans les *tours*, on emploie souvent un plateau tournant contre lequel s'appuient les bouts de l'axe des objets que l'on veut tourner. Quelquefois le plateau, indiqué par *a a*, fig. 21, a une inclinaison invariable; et souvent il est disposé de manière qu'on puisse la faire varier à volonté, comme l'indique la figure 13 (Pl. XXIV), où *a a* est une coupe du plateau, qui est garni latéralement de deux portions de cercle x et y, lesquelles entrent et se meuvent dans des ouvertures correspondantes, faites à l'axe *m m*. On assujettit le plateau, au moyen de deux vis de pression.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Support tournant à ressort ou à poids.*

749. On voit (fig. 6, Pl. XXIV) un support x tournant autour du point a, et poussé par le ressort y. Dans la fig. 7, on a substitué au ressort un poids réacteur. Ces sortes de supports sont employés dans quelques espèces de tours.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Supports à chariots.*

750. Il existe, dans plusieurs machines, des organes placés sur des chariots que l'on peut faire avancer et reculer à volonté. C'est ainsi que l'*alesoir*, dans les machines à forer les canons horizontalement, est placé sur un chariot de cette espèce, dont le plan et les élévations de face et de profil se voient Pl. XXV (fig. 15, 16 et 20).

GENRE DEUXIÈME. — Supports qui permettent des mouvemens de translation en divers sens.

751. Ce genre a deux espèces : 1°. supports des instrumens destinés à tracer des courbes; 2°. supports d'organes qui n'ont que de simples mouvemens de translations rectilignes.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Supports d'instrumens destinés à tracer des courbes.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Règles à rainure de M.* La Condamine (*a*). Pl. XXII, fig. 19 et 20.

752. (*a*) Cet instrument fournit un moyen court et facile de trouver snr-le-champ, et de tracer d'un mouvement continu, les rosettes propres à exécuter tous les contours possibles d'un dessin donné, et réciproquement tous les dessins possibles que peut produire une rosette donnée, et cela sans être obligé de limer des modèles en cuivre. A B C D est une règle de trois pouces de long, percée d'une rainure dans sa longueur; la partie A B est percée de plusieurs trous en écrou, afin d'approcher ou d'éloigner plus ou moins la pointe B, dont la tête est faite en vis; cette règle est embrassée par les tenons E G d'une seconde règle, aussi percée d'une rainure; la première peut glisser sur la seconde qui porte un petit barillet L, dont le ressort tire toujours à lui la règle de dessous, qui lui est attachée avec un filet D; cette même règle porte une seconde pointe N qui, par conséquent, tend toujours à s'approcher du centre P; ce centre est déterminé par une troisième pointe

(*a*) *Recherches sur le tour. — Description d'une machine qui imite le mouvement du tour.*

qui traverse les deux règles, et qui est fixée sur la règle de dessus E G, au point où l'on veut, avec l'écrou z. Voici comme on se sert de cet instrument.

753. Soit le contour de profil d'une tête T, pour lequel on cherche la rosette la plus convenable; après avoir découpé ce profil en carte, on le colle sur une autre carte R S, ensuite on prend à volonté un point T pour centre, au dedans du contour de la tête; on perce les deux cartes en ce point, et on les attache sur un plan, en y enfonçant la pointe P; après quoi on pose la pointe N sur le contour de relief de la tête découpée; on tourne ensuite à la main toute la machine, en faisant toujours porter la pointe N sur le bord de la découpure; ou, mieux encore, on ne fait que tourner d'une main la carte sur son centre, en tenant de l'autre la machine fixe, et en ayant attention que la pointe N ne quitte pas le bord de la carte découpée.

754. Dans l'un et l'autre cas, la pointe B, portant sur la grande carte R S, y trace le trait U X, qui est le contour de la rosette cherchée; la pointe N, rappelée sans cesse vers le centre P, par l'effort du ressort L, et repoussée par le relief du profil découpé, en suit aisément le contour, tant que ce contour ne s'éloigne pas du centre en ligne directe; c'est ce qu'il faut éviter autant que possible, en choisissant au dedans de ce contour un centre pour placer le point fixe P. Si on ne peut empêcher que la pointe N n'accroche en quelque endroit, comme au dessous du nez, par exemple, et que le contour découpé ait la pente trop raide pour repousser la pointe N. en glissant, il faudra aider un peu avec la main; mais on pourra sauver encore ce petit inconvénient en tournant le carton d'un sens opposé: de cette manière, la pointe qui ne pouvait, par exemple, remonter sans le secours de la main, de la narine vers la pointe du nez, glissera sans difficulté, et sera rappelée par la force du

ressort, de la pointe du nez vers la narine. En changeant de centre P, ou en éloignant plus ou moins les deux pointes B et N, on fera différens contours, et on choisira le plus coulant et le plus praticable sur le tour, pour servir de modèle à la rosette. Avant que de la tailler, il est à propos de la vérifier, en découpant une carte sur le trait VX de la rosette trouvée, et faisant porter une pointe sur le contour, pour voir si l'autre point N redonnera exactement le contour de la tête qu'on se propose d'exécuter.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Règles à roues dentées.* Pl. XXII, fig. 21 (*a*).

755. A N B C, est un système de roues dentées, dont les diamètres sont dans les rapports 2, 1, 2, 4 : — *a b*, est une règle dont l'extrémité *a* est successivement fixée aux points 0, 1 et 2 de la roue A, et assujettie en même temps à toucher un des points *a*, *c* de la roue N, 0 et 1 de la roue B; ces points étant placés de manière à ce qu'ils puissent se trouver dans la même direction, dans une des positions du système, chaque point de la règle *a' b'* tracera une courbe dans l'espace, et une autre sur les surfaces de révolution qui sont au-dessous. Les courbes peuvent varier à l'infini, par les diverses positions qu'on peut donner aux points 0, 1, 2, et par les divers rapports des diamètres des roues.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Règles appuyées sur des surfaces courbes tournantes.* Pl. XXII, fig. 15.

756. On peut, par le mouvement de deux règles perpendi-

(*a*) *Essai sur la composition des Machines, par MM.* Lanz et Bettancourt.

tulaires $r s$ et $t v$, percées chacune d'une rainure, et appuyées sur les courbes x et y, tracer une courbe F donnée, en plaçant un crayon ou un outil tranchant, dans l'intersection des deux rainures. Les roues dentées A, B, C, D, servent à transmettre le mouvement aux courbes x et y. La fig. 16, (Pl. XXII). représente un mécanisme analogue à celui que nous venons d'indiquer, ainsi que la fig. 17 (même Pl.). Dans ce dernier mécanisme, une roue dentée A imprime son mouvement à deux autres B, C, qui, dans le tour, se trouvent sur le même axe. Une rosette D (ou courbe tournante), est attachée à la première roue B; la *touche m m*, fixée à la règle mobile P Q, s'appuie sur son bord, par le moyen d'un ressort $a\cdot b$ qui agit sur l'extrémité p de la règle. Dans la branche mobile $p q$, et au point q, se trouve un crayon qui peut se placer à volonté sur un point quelconque de la surface d'un cercle de papier placé sur la surface C. On peut se servir de ce mécanisme pour trouver, par son moyen, quelles sont les différentes figures qu'on peut faire tracer à un outil avec la même rosette, ou encore pour trouver quelles sont les rosettes les plus commodes pour exécuter, au tour, un dessin quelconque.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Plume géométrique de* Suardi. Pl. XXII, fig. 22.

757. Ce mécanisme est fixé sur une table par le moyen des supports A, B et C; les têtes a a de deux de ces supports tournent autour d'un axe commun, afin de pouvoir être amenées dans un même plan avec le troisième, et se placer plus commodément dans une boîte, lorsqu'on ne se sert pas de l'instrument.

758. Au bas de l'axe D, qui est immobile et fait corps avec le support C, on fixe une roue dentée i, qui peut être changée,

mais qui, lorsqu'elle est en place, fait corps avec l'axe D et est immobile comme lui.

759. E G est une règle de métal, ouverte dans la plus grande partie de sa longueur, dont l'extrémité E est engagée entre la pièce K et la roue i, de manière cependant à pouvoir tourner librement autour de l'axe D. Une boîte à coulisse b est disposée pour pouvoir glisser le long de la règle E G, et se fixer en un endroit quelconque. Cette boîte porte une seconde roue dentée h, qu'on change à volonté, et qui peut, selon la place de la boîte b', ou engrener immédiatement dans la roue i, ou en recevoir le mouvement par l'intermède d'une autre roue dentée, comme on le voit dans la figure.

760. L'axe de la roue h dentée est fixée dans un canon I qui tient à une boîte inférieure c; une règle fg, coule dans cette boîte, et porte à son extrémité un crayon K, qui trace sur le papier la courbe qu'on veut décrire. Ce crayon s'approche ou s'éloigne à volonté de l'axe de la roue h, au moyen de la facilité qu'on a de faire correspondre la boîte c à une partie quelconque de la règle fg.

761. Tout cela bien conçu, il est clair que, si l'on fait tourner la règle E G autour de l'axe D, la roue dentée h aura un mouvement total de translation autour de l'axe D, et un mouvement particulier de rotation autour de son axe propre; le rapport des vitesses angulaires que comporteront ces deux mouvemens, dépendra des roues dentées intermédiaires, et de la relation entre les nombres respectifs de leurs dents. La boîte c et le crayon K auront pareillement, outre le mouvement total de translation autour de l'axe D, un mouvement particulier de rotation commun avec la roue h, et la courbe qui décrira le point K dépendra, et du rapport entre les vitesses angulaires ci-dessus mentionnées, et du rapport entre les rayons D b et b K.

Ces rapports peuvent être variés à volonté, soit en employant différentes combinaisons de denture, soit en faisant correspondre les boîtes c et b à différens points de leurs règles respectives; il est donc évident qu'on peut tracer par ce moyen une infinité de lignes différentes de la circulaire, et qui résulteront néanmoins d'une combinaison de mouvemens circulaires.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Mécanismes pour tracer les spirales*. Pl. XXII, fig. 23, 24 et 25.

762. Lorsqu'on veut tracer une spirale sur une surface cylindrique, il faut que cette surface ait un mouvement de rotation continu, tandis que l'outil qui doit la tracer aura un mouvement de translation rectiligne : ou bien, si l'outil est fixe, il faut que la surface réunisse simultanément les deux mouvemens de rotation et de translation.

763. Les fig. 23, 24 et 25 (Pl. XXII) indiquent trois méthodes au moyen desquelles on trace une spirale sur un cylindre qui n'a que le simple mouvement de rotation. Les engrenages que l'on remarque dans ces figures servent à combiner ce mouvement avec celui de translation que l'outil doit avoir. Dans les fig. 23 et 24 l'outil est adapté à l'écrou mobile d'une vis tournante; dans la figure 25 l'outil est adapté à une crémaillère.

764. On voit (Pl. XIX, fig. 25) le mécanisme employé dans quelques tours pour former une vis sans fin. Deux cordes a et b sont adaptées à la pédale c, la corde a, conjointement avec le ressort d, produit la rotation de l'axe x, x, lequel a un mouvement alternatif de translation produit d'un côté par la corde b et par le levier angulaire m, et de l'autre côté par un second levier angulaire p, muni d'un poids réacteur q.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Supports d'organe qui n'ont que de simples mouvemens de translation rectiligne.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Organe retenu par plusieurs vis.* Pl. XXIV, fig. 8.

765. Il est évident qu'au moyen des vis disposées comme l'indique la figure, on peut faire avancer ou reculer le corps *a* dans toutes les directions contenues dans un même plan.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Support à double coulisse.* Pl. XXIV, fig. 11 et 12.

766. La manivelle *a* adaptée à une vis, fait avancer et reculer le corps *b*, et une autre vis mue par la manivelle *d*, dont l'axe croise perpendiculairement celui de la manivelle *a*, fait pareillement avancer ou reculer un support sur lequel la coulisse du corps *b* est placée. Cet assemblage a en outre un mouvement de rotation vertical autour du point *x*, et un mouvement de rotation horizontal autour de l'axe *y*. La fig. 12 représente les parties détachées de ce mécanisme.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Support à ovale.* Pl. XXIV, fig. 10.

767. On voit (fig. 10) un support analogue à celui que nous venons de décrire, qui comme lui a deux mouvemens de translation rectiligne perpendiculaire l'un à l'autre et un mouvement circulaire.

On emploie ce mécanisme dans les tours à *ovale*. La pièce *a a* se meut longitudinalement le long de la rainure pratiquée dans la pièce *b b*; et le cercle tournant *x* a aussi un mouvement longitudinal sur *a a*, mouvement qui croise celui que nous venons d'indiquer. Ce cercle, doué de la libre faculté de tourner, porte un trou excentrique *z* dans lequel on insère l'extrémité de l'axe des objets que l'on veut travailler sur le tour.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Support à rosettes*. Pl. XXIV, fig. 15.

768. Ce support est employé dans les tours à guillocher. Une tige x, adaptée au mobile supérieur du support, s'appuie sur les sinuosités des rosettes; le ressort réacteur z le pousse continuellement contre les rosettes, et la manivelle a imprime au support un mouvement de translation transversale, croisé par un autre mouvement pareil qu'il peut avoir le long d'une coulisse adaptée à la table sur laquelle le ressort est placé. Les lecteurs curieux d'avoir de plus amples détails sur ces sortes de mécanismes, peuvent consulter l'*Art du Tourneur* par M. *Hamelin Bergeron*.

CHAPITRE III.

Supports tenaces.

CLASSE TROISIÈME. — DES SUPPORTS TENACES.

CETTE classe contient deux genres, *étaux et tenailles*.

GENRE PREMIER. — Étaux.

769. Je donne le nom générique d'*étaux* à tous les supports *tenaces* dont se servent les ouvriers pour tenir fermes et serrées les pièces qu'ils travaillent. Il y a cinq espèces d'étaux; étaux simples, étaux à mâchoire, étaux à vis, étaux à leviers, et mandrins.

PREMIÈRE ESPÈCE — *Étaux simples*.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Étaux à chevalet*. Pl. XXIV, fig. 4.

770. La forme de cet étau, qui présente deux plans inclinés,

fait que le propre poids de l'objet qu'on y place l'affermit, et l'arrête.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Étaux à coins.* Pl. XXIV, fig. 1.

771. Les objets placés dans la cavité x pratiquée dans cet étau sont affermis par des coins.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Étaux à mâchoire.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Étau fixe.* Pl. XXIV, fig. 16.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Étau à main.* Pl. XXIV, fig. 17.

772. Dans ces deux variétés les mâchoires sont éloignées ou rapprochées au moyen d'une vis à levier (fig. 16), ou d'une vis à oreilles (fig. 17); des ressorts réacteurs compriment intérieurement les mâchoires, et tendent à les écarter.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Étaux à vis.* Pl. XXIV, fig. 22.

773. Dans ces sortes d'étaux, dont les ébénistes font surtout usage, les objets sont fixés et comprimés au moyen d'une vis.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Étaux à leviers.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Étau à levier et à vis.* Pl. XXIV, fig. 18.

774. Les serruriers se servent de cet étau pour former les vis, en faisant tourner avec force, dans un écrou préparé à cet effet, un morceau de fer renfermé dans cet étau.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Étau à coin.* Pl. XXIV, fig. 19 et 20.

775. Dans la précédente variété les objets étaient retenus et comprimés par une vis, dans celle-ci ils le sont par de simples coins.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Mandrins.*

776. On appelle *mandrins* des boîtes disposées de manière à recevoir l'extrémité de divers objets que l'on veut travailler au tour. Les mandrins s'adaptent à l'extrémité de l'axe tournant et y sont fixés à vis. La fig. 3 (Pl. XXIV) représente un mandrin muni de trois vis, au moyen desquelles on peut centrer et affermir les objets qu'on y adapte.

GENRE DEUXIÈME. — Tenailles.

Ce genre contient trois espèces ; tenailles à main, tenailles à tige mobile, et tenailles à chariot.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Tenailles à main.*

777. Il existe un grand nombre de variétés de cette espèce de tenailles; elles se distinguent les unes des autres par la forme de leurs mâchoires, qui varient suivant la diverse nature des objets qu'elles ont à saisir. Nous croyons inutile de nous arrêter à examiner individuellement toutes ces variétés, dont les principales sont indiquées (Pl. XXIV) fig. 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 et 36.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Tenailles à tige mobile.*

778. Les tenailles de cette espèce sont indiquées (Pl. XXIV) fig. 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 et 45. Nous les décrirons amplement dansle *Traité des machines métallurgiques* lorsque nous parlerons des tréfileries.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Tenailles à chariot.*

779. La fig. 46 (Pl. XXIV) représente une grande tenaille placée sur un chariot, et qui sert à saisir des objets lourds et volumineux pour les transporter d'un lieu à un autre.

LIVRE CINQUIÈME.

Des régulateurs.

780. Après avoir passé en revue les organes qui reçoivent l'action des moteurs, ceux qui la transmettent, ceux qui en modifient la vitessse, et ceux qui servent de supports, d'appuis, de centres de mouvement, nous devons fixer notre attention sur l'ordre des organes régulateurs; organes, dont le bnt est de corriger les irrégularités des mouvemens, d'en diriger les interruptions, les renouvellemens, et les variations périodiques, et enfin, de prévenir ou de diminuer les effets nuisible des résistances passives.

781. Le génie brille, avec tout son éclat, dans la plupart des mécanismes aussi utiles qu'ingénieux. qui appartiennent à cet ordre, que nous diviserons en trois classes, dont la première contiendra les modérateurs; la seconde, les directeurs; et la troisième, les correcteurs. Nous consacrerons un chapitre à chacune d'elle.

CHAPITRE PREMIER.

Des modérateurs.

782. Il est peu de machines qui n'aient en elles plusieurs causes d'irrégularités, dont les unes dépendent des moteurs, et les autres de la disposition des organes; quelle que soit la cause qui les produit, nous les distinguerons en deux catégories:

dans la première, nous renfermerons les irrégularités circonscrites entre des limites peu étendues, et nous placerons dans la seconde les grandes irrégularités. Nous formerons un genre particulier des modérateurs qui remédient aux irrégularités de la première catégorie; un second genre contiendra ceux qui corrigent les irrégularités de l'autre catégorie; et enfin un troisième genre renfermera les modérateurs qui remplissent le double objet de réduire le mouvement à l'uniformité, et de régler sa vitesse.

ORDRE CINQUIÈME. — *RÉGULATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — MODÉRATEURS.

GENRE PREMIER. — Volans.

783. On donne le nom de *volans* à des organes doués d'un mouvement circulaire très-rapide, et qui ont la propriété de corriger les irrégularités *bornées* d'une machine. Ils absorbent une portion du *momentum* de la machine, lorsqu'elle agit avec la plus grande force, pour la lui rendre, lorsque la force diminue. Les volans n'ajoutent rien à la force prise dans sa totalité; mais ils établissent une sorte de compensation, d'où résulte la régularité.

784. La compensation que les volans produisent, est un résultat de leur force d'inertie, qui agira d'autant mieux, qu'ils seront doués d'un plus grand *momentum*. Ce *momentum* dépend de deux élémens, la masse du volant et sa vitesse; il est évident que, si l'on donne au volant une trop grande masse, les frottemens augmentent considérablement, et l'effet actif diminue à proportion; on doit donc se contenter d'une petite masse mue avec une grande vitesse.

Il y a deux espèces de volans; volans à lentilles ou à roues, et volans à palettes.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Volans à lentilles ou à roues.*

785. La fig. 13 (Pl. XXVI) représente un volant à lentilles. Quatre barres de fer *a*, *a*, *a*, *a*, contre-butées par des arcs de cercle *b*, *b*, *b*, *b*, portent à leur extrémité des poids qui ont la figure d'une lentille, pour éprouver, dans leur mouvement, moins de résistance de la part de l'air.

786. On voit (fig. 1, Pl. XVII) un volant à roue, tel que ceux qui sont communément employés dans les machines à vapeur, et qui n'est en effet qu'une grande roue tournante.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Volans à palettes.*

Les volans à palettes ne sont usités que dans quelques tournebroches, et dans quelques automates.

GENRE DEUXIÈME. — Compensateurs qui corrigent de grandes irrégularités.

787. Ce genre contient quatre espèces, 1°. le condensateur de forces; 2°. les fusées; 3°. les courbes tournantes; 4°. les contre-poids variables.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Condensateurs de forces*, de Prony. Pl. XXXI, fig. 1 et 2 (*a*).

788. Ce condensateur donne les moyens de tirer le plus grand parti possible d'un moteur, dont l'énergie est sujette à augmenter ou à diminuer dans des limites étendues; et, en général, de faire varier à volonté la résistance, à laquelle l'effort de ce moteur fait équilibre dans une machine quelconque, sans rien changer au mécanisme de cette machine. Ce problème de méca-

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 19.

nique, dont on va donner la solution, est du petit nombre de ceux qui, conduisant à des résultats indépendans du mécanisme particulier de la machine à laquelle on les applique, offrent, dans leurs solutions, une généralité qu'on pourrait comparer à celle de la mécanique rationnelle ou de l'analyse.

Voici comment on peut en présenter l'énoncé.

789. Une machine quelconque étant construite, trouver, sans rien changer au mécanisme de cette machine, un moyen de lui transmettre l'action du moteur, en remplissant les conditions suivantes : 1°. que l'on puisse faire, à volonté et avec beaucoup de facilité et de promptitude, varier la résistance, à laquelle l'effort du moteur doit continuellement faire équilibre dans des limites aussi étendues qu'on voudra ; 2°. que cette résistance, une fois réglée, se maintienne rigoureusement constante jusqu'au moment où on jugera à propos de l'augmenter ou de la diminuer ; 3°. que, dans les variations les plus brusques dont l'effort du moteur peut être capable, la variation de la vitesse de la machine n'éprouve jamais de solution de continuité.

790. M. *de Prony* a résolu ce problème, de la manière suivante, dans une machine mue par le vent (Pl. XXXI, fig. 1 et 2).

O, arbre vertical, auquel les ailes à vent sont adaptées. — *e, e, e, e,* assemblage de charpente, dont un des rayons *O e* porte une courbe *b d*, en fer ou en acier. — *a, a, a,* axes verticaux de rotation placés tout autour et à égale distance de l'axe O ; ils divisent de plus, en parties égales, la circonférence dans laquelle ils se trouvent. Chacun de ces arcs porte une courbe *a f*, en fer, acier ou cuivre, de telle sorte que, lorsque le vent agit sur les ailes, la courbe *b d* presse sur une des courbes *a f*, et fait faire une portion de révolution à l'axe vertical auquel cette courbe est fixée.

791. Les courbes *b d* et *a f* doivent être disposées de manière

que $b\ d$, cessant de presser une des courbes, $a\ f$ commence à l'instant même à agir sur la courbe suivante. Le nombre des axes qui portent ces courbes se détermine, dans chaque cas, par des considérations particulières; on peut aussi substituer à $b\ d$ une portion de roue dentée, ayant son centre dans l'axe $o\ o$, et remplacer les courbes $a\ f$ par des portions de pignons; mais la disposition représentée dans la figure, est préférable.

792. Chacun des axes a, a, a, a, porte un tambour $t\ t, r\ r$, sur lequel s'enroule une corde qui va passer sur une poulie p, et qui tient suspendu un poids Q, au moyen du levier F G, sur lequel ce poids peut glisser et se mettre à différentes distances du point d'appui G. Pour ne pas embrouiller la figure, on n'a représenté, en élévation, qu'un des axes a, a, a, avec son équipage; c'est-à-dire, avec son tambour $t\ t, r\ r$, son pignon $q\ q$, et son poids Q, porté par le levier F G.

793. Les mêmes axes $a\ a$ traversent des pignons $q\ q$ auxquels ils ne sont point fixés; mais ces pignons $q\ q$ portent des rochets qui appuient contre les dentures $r\ r$; de telle sorte que, lorsque le poids Q tend à monter, le rochet cède, et qu'il ne résulte, tant du mouvement de l'axe a, a, a, et du tambour $t\ t, r\ r$, que de l'ascension du poids Q, aucune action sur le pignon $q\ q$.

794. Mais, dès l'instant que la courbure ou dent $b\ d$ cesse d'appuyer contre une des courbures ou dent $a\ f$, après avoir fait monter le poids Q correspondant, ce poids Q tend à redescendre, et alors la denture $r\ r$ fait effort contre le rochet; en sorte que Q ne peut s'abaisser qu'en faisant tourner le pignon $q\ q$ avec le tambour $t\ t, r\ r$.

795. Le pignon $q\ q$ engrène dans la roue A B, du mouvement de laquelle résulte immédiatement l'effet utile de la machine: ainsi, l'effet de la descente d'un des poids Q, est de solliciter au mouvement la roue A B, ou de continuer ce mouvement

concurremment avec tous les autres poids Q qui descendent en même temps. Cette roue A B porte au-dessous une denture oblique G D qui engrène dans les roues d'angle C E, et fait monter des seaux *s*.

796. On voit, par la description précédente, que la machine étant supposée partir de l'état de repos, le vent fera d'abord élever un nombre de poids Q, suffisant pour mettre cette machine en mouvement, et continuera à élever de nouveaux poids, à mesure que ceux précédemment élevés s'abaisseront, ce qui perpétuera le mouvement une fois imprimé.

797. Parmi les nombreux avantages de ce nouveau mécanisme, on peut remarquer les suivans :

1°. Il ne peut y avoir de choc violent, ni de saccades dans aucune partie du mécanisme.

2°. L'effet utile étant proportionné au nombre des poids Q, qui descendent en même temps, cet effet augmentera à mesure que le vent deviendra plus fort, et fera tourner les ailes avec plus de vitesse.

3°. Les poids Q étant mobiles le long des leviers F G, il sera toujours très-aisé de les placer de manière à avoir, entre l'effort du moteur et celui de la résistance, le rapport convenable au *maximum* de produit.

4°. Il résulte de cette propriété, qu'on pourra tirer partie des vents les plus faibles, et obtenir un produit quelconque dans les circonstances où toutes les autres machines à vent connues sont dans un repos absolu; cet avantage est très-important, surtout pour l'agriculture; les machines à vent employées à l'arrosage, sont quelquefois plusieurs jours sans donner aucun produit, et cet inconvénient se fait surtout sentir dans les temps de sécheresse; une machine qu'on peut mouvoir avec le souffle le plus léger, offre des ressources très-précieuses.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Fusées*. Pl. XXVI, fig. 30 et 31.

798. On appelle *fusée*, une espèce de cône sur lequel une gorge, qui tourne en spirale, est pratiquée ; sur cette gorge s'enveloppe une corde ou une chaîne qui correspond à l'organe dont on veut corriger la variabilité. Les tours de la corde enveloppée sur les spires de moindre diamètre, se développent lorsque la force est vigoureuse, et ceux des spires les plus amples, lorsque la force s'est affaiblie le plus.

799. Les fusées sont employées particulièrement dans les horloges, pour corriger l'irrégularité de force des ressorts moteurs dont la vigueur diminue à mesure qu'ils se débandent.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Courbes tournantes*. Pl. XXXI, fig. 4.

800. Les courbes tournantes peuvent produire le même effet que les fusées, en faisant varier le bras de levier sur lequel s'appuie une chaîne correspondante à un organe dont on veut corriger la variabilité.

801. Dans les puits très-profonds des mines, on est obligé de contre-balancer les câbles et les chaînes auxquels sont suspendues les tonnes remplies des matières à extraire.

Ordinairement on fait usage d'une sorte de contre-poids, qui consiste en une petite chaîne qui est attachée à l'arbre du tambour, passe sur une poulie, descend dans un puits, et tient, par son extrémité, à une chaîne très-pesante. Quand les deux câbles sont en équilibre, la grosse chaîne est amoncelée au fond du puits ; mais, à mesure que la différence des poids des câbles augmente, la petite chaîne, s'enveloppant sur l'arbre du tambour, élève la grosse chaîne, et celle-ci se trouve suspendue dans toute sa longueur quand l'une des tonnes est arrivée au haut du puits. Quelquefois on est obligé de creuser un puits

particulier pour y faire descendre la chaîne; ce qui entraîne dans des dépenses considérables. Le contre-poids que nous venons de décrire ne conserve pas l'équilibre entre les câbles dans tous les instans, comme il est aisé de s'en convaincre, en considérant que, quand deux tonnes sont à la même hauteur dans le puits, et que les deux câbles ont un égal poids, l'équilibre est rompu par tout le poids de la petite chaîne.

802. M. *Villiam Featherstonhaugt* (*a*) a proposé un mécanisme pour suppléer au contre-poids dont nous avons parlé. Ce mécanisme a été adopté avec succès dans plusieurs houillières en Angleterre; il est représenté par la Pl. XXXI, fig. 4.

803. Une machine à vapeur est supposée faire tourner le tambour *a* par le moyen d'une manivelle. — *x v* sont les câbles qui descendent dans la mine.

804. Quand la machine est en mouvement, le tambour *a* tourne sur son axe, le pignon *e* fait tourner la roue *g*, et la chaîne *c*, qui porte le poids *w*, s'enroule sur une des courbes *k k*. Lorsque la roue G est tournée de manière que la chaîne fasse un angle droit avec le bras *v*, le poids *w* agit avec la plus grande force, et la différence des poids des câbles est la plus grande, les courbes *k k* sont formées de pièces de charme, solidement attachés aux bras de la roue *g*; une gorge est creusée sur leur épaisseur pour empêcher la chaîne de s'échapper.

805. La forme des courbes *k k* doit être telle que, lorsque la roue *g* est en mouvement, toutes les perpendiculaires menées de son centre sur la ligne de direction de la chaîne, croissent uniformement. — *x* est un poids pour faire équilibre au poids des courbes *k k*. Les dents de la roue et les ailes du pignon sont en fonte de fer.

(*a*) *Repertory of arts.*

806. Quand il y a plusieurs couches de houille dans le même puits, si le contre-poids a été calculé pour la plus profonde, il peut servir sans aucun changement pour l'exploitation de toutes les autres. Si la profondeur du puits était très-grande, il suffirait de donner plus d'étendue aux courbes.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Contre-poids variables.*

807. Les fig. 18 et 19 (Pl. XIII) représentent un contre-poids variable d'une construction ingénieuse. Il est composé de plusieurs poids cylindriques percés verticalement; de petites barres x x, traversent les cavités et supportent des tringles mobiles à deux branches y y. Ces tringles sont disposées de telle manière qu'elles permettent aux poids de se séparer les uns des autres, et de se rapprocher librement. Par cette disposition, si l'on tire verticalement du bas en haut la partie supérieure du contre-poids, le premier poids d'abord cessera de s'appuyer sur le second, et pourra exercer sa force de gravité; le second, ensuite, puis le troisième, et ainsi de suite, tous les autres, acquerront successivement la faculté d'exercer leur force de gravité; mais, au contraire, ils la perdront progressivement lorsque l'on abaissera le contre-poids.

GENRE TROISIÈME. — Des compensateurs, qui rendent le mouvement uniforme, et règlent en même temps sa vitesse.

808. Nous distinguerons dans ces sortes de compensateurs, deux parties; le compensateur proprement dit, et l'échappement qui met en communication ce compensateur avec les autres parties de la machine.

Compensateurs proprement dits.

809. Les compensateurs proprement dits ne sont autre

chose qu'un pendule, ou bien qu'un balancier à spirale. Ils forment une des parties les plus importantes des horloges.

810. Le pendule est composé d'une tige métallique, terminée inférieurement par une lentille très-pesante, construite pareillement en métal. Cet appareil, suspendu par l'extrémité libre de la verge, oscille autour de la verticale, et fait marcher d'un pas l'aiguille de l'horloge, à chacune de ces oscillations. En supposant que le pendule, ainsi composé, conserve une forme et une longueur invariables dans toutes ses parties, on démontre en mécanique que les oscillations très-petites, telles que celle qu'on lui fait faire dans les horloges, sont toujours d'égales durées, ce qui donne un mouvement pareillement uniforme aux aiguilles que le pendule fait mouvoir.

811. La durée des oscillations n'est constante que tant que la température reste la même; mais elle change nécessairement quand la température vient à changer. En effet, si elle s'élève, la verge métallique s'allonge; le centre commun d'oscillation de cette verge et de la lentille descend, et les oscillations sont plus lentes. Au contraire, si la température s'abaisse, le centre d'oscillation se rapproche du point de suspension, et les oscillations s'accélèrent.

812. De là naîtraient, dans la marche de l'horloge, des variations continuelles, si l'on n'avait trouvé le moyen de corriger cet inconvénient. C'est à quoi l'on réussit par divers mécanismes que l'on applique à la verge du pendule, et qui se réduisent tous en dernière analyse, à rapporter en haut une partie du poids du système lorsque la verge s'allonge, et à la reporter en bas lorsqu'elle se raccourcit, de telle sorte et en telle proportion, que ces efforts contraires se compensent exactement.

813. *Graham* faisait la verge du pendule en fer (Pl. XXVIII, fig. 7); mais, au lieu de la terminer par une lentille métallique,

il y adaptait un vase cylindrique de verre rempli en grande partie de mercure ; lorsque la température s'élève, la verge s'allonge et le vase descend ; mais en même temps le mercure se dilate aussi, et beaucoup plus que le fer, de façon qu'une partie de la masse remonte plus que le vase n'était descendu.

814. *Julien Leroy* y substitua, en 1738, un compensateur entièrement solide. Cet appareil, représenté Pl. XXVIII, (fig. 11), est composé d'un support horizontal *s s* parfaitement fixe, qui porte un tuyau vertical de cuivre jaune *a b*. Au sommet *a* de ce tuyau, on fixe l'extrémité supérieure d'une verge de fer verticale à l'autre bout de laquelle est attachée la lentille *p*. Si cette tige de fer était libre, elle formerait un pendule dont la longueur totale serait *a l p* ; mais on gêne son mouvement en *l* par le moyen du support fixe. Pour cet effet, on l'interrompt en cette partie, et on la compose d'un petit châssis vertical dont les traverses horizontales *b* et *d* sont formées de deux lames de cuivre assez fortes pour n'être pas fléchies, et les montans *n*, *n* sont composés de deux lames de ressort très-minces et flexibles, qui passent par une petite fente horizontale faite dans le support, et seulement assez large pour leur laisser la faculté de monter et de descendre avec frottement. D'après cette disposition, lorsqu'on met la lentille en mouvement, la partie inférieure de la tige de fer, comprise entre la lentille et le support, est la seule qui oscille ; mais la dilatation produite par la température, s'exerce sur la longueur totale. Si le point *a* était parfaitement fixe, la lentille *p* descendrait ou monterait, suivant que la barre s'allongerait et se raccourcirait par l'effet de la température ; mais la dilatation du cylindre de laiton contrarie ces effets : car, lorsque la température s'élève, il remonte le point *a* en se dilatant, et au contraire, quand elle s'abaisse, il le fait descendre en se contractant. On peut donc combiner ces

deux actions opposées de manière qu'elles se compensent; il faut que la longueur du tuyau et de la barre soit en raison inverse des dilatations du cuivre et de l'acier, ou à peu près comme 3 à 5.

815. On a imaginé ensuite l'appareil à châssis, représenté Pl. XXVIII, (fig. 8). Il est formé par un système de tringles métalliques, alternativement de cuivre et de fer. Supposons que le châssis de cuivre *a b c d* ne porte pas immédiatement la verge *u u* de l'horloge, mais soutienne un autre châssis *e f g h* composé comme *a b c d*, dont les deux montans *e f*, *g h*, soient en fer, et dont la traverse inférieure porte un autre châssis *l m n p* dont les deux montans soient de cuivre; la verge *u u* est attachée à ce second châssis intérieur. (*a*) La somme de toutes les tringles de cuivre employées dans l'appareil, devra être triple de la distance du centre de gravité de la lentille, à l'axe de suspension; on peut donc, au moyen de cette règle très-simple, varier à volonté les longueurs des règles et leur nombre. Ordinairement les horlogers se bornent à employer quatre châssis.

816. *Berthoud* a adapté le compensateur à tringles et châssis, aux montres, de la manière indiquée Pl. XXX (fig. 5).

A A est le côté extérieur de la seconde platine de la cage du mouvement. Le bout de l'axe du balancier passe entre trois rouleaux, comme le fait le bout du même axe placé du côté de l'échappement. Le spiral est arrêté sur une virole ajustée à frottement, au bout de la partie saillante de l'axe, en dehors des rouleaux. Le bout extérieur du spiral est fixé au piton B.

817. Le compensateur à lames courbes, représenté Planche XXVIII, fig. 9, est remarquable par sa simplicité. Deux lames métalliques *a b* et *c d*, d'égale longueur, l'une de fer, l'autre de

(*a*) *Traité de physique de* Biot.

cuivre, sont placées l'une sur l'autre, et elles sont fixées invariablement au moyen d'un grand nombre de petites vis qui les traversent toutes deux en autant de points de leur longueur. Supposons que le système soit rectiligne à la température de 10°; si la température change, cette rectitude cessera. A une température plus élevée, les deux lames se dilateront, mais inégalement, la lame de cuivre plus que la lame de fer; alors, le système se courbera, et si la température s'abaisse, il se courbera en sens inverse. Ce système est fixé à un point quelconque de la longueur de la verge du pendule. M. *Biot* (*a*) dit avoir éprouvé un pendule astronomique muni d'un semblable compensateur, et l'avoir trouvé d'une régularité parfaite.

818. Un compensateur analogue, représenté Pl. XXVIII, fig. 10, peut s'appliquer aux balanciers à spiral des garde-temps; si la température change, la courbure des lames compensatrices changera aussi, et elles porteront les petites masses plus loin ou plus près du centre de rotation, elles agiront sur lui par un levier plus long ou plus court, et exigeront un effort plus ou moins grand de la part du spiral.

Échappement.

819. On appelle échappement, en horlogerie, un mécanisme au moyen duquel l'action du poids ou du ressort moteur est réglée et modérée par celle du balancier ou du pendule, qui est le régulateur de l'horloge. La force motrice qui agit sans interruption et toujours dans le même sens, tend nécessairement à imprimer un mouvement accéléré au rouage; mais en vertu de l'échappement, la dernière roue, qu'on appelle aussi roue de rencontre ou d'échappement, ne peut continuer son mouvement circu-

(*a*) *Traité de physique.*

laire qu'en imprimant au régulateur un mouvement d'oscillation; et cette combinaison et liaison de deux mouvemens, l'un continu, l'autre alternatif, dans laquelle consiste proprement la nature des horloges, sert à entretenir l'uniformité de leur marche par la réaction mutuelle des forces qui résultent de ces différens mouvemens.

820. Autrefois on se contentait de prendre pour régulateur un simple balancier, qui n'est autre chose qu'un anneau circulaire dont l'axe est parfaitement mobile sur ses pivots. Cet axe, qu'on appelle aussi la verge du balancier, porte deux ailes ou palettes placées dans des points différens, et faisant entre elles un angle presque droit, lesquelles s'engagent dans les dents de la roue d'échappement, qu'on nomme proprement dans ce cas roue de rencontre, en sorte que cette roue ne peut tourner, à moins que ses dents, dont le nombre est toujours impair, n'écartent alternativement l'une des palettes dans un sens, et l'autre dans le sens opposé; ce qui oblige le balancier à faire des vibrations.

821. Par cette disposition, la pointe de la dent qui appuie sur l'une des palettes et qui la presse avec la force qu'elle reçoit du poids ou du ressort moteur, la fait tourner jusqu'à ce qu'elle la quitte, et imprime ainsi au balancier un mouvement circulaire autour de son axe; et lorsque cette dent abandonne la palette, la dent diamétralement opposée rencontre précisément la seconde palette, et tend de même à la faire tourner en sens contraire; en sorte que si le balancier était en repos lorsque la seconde palette vient à recevoir l'action de la roue de rencontre, il obéirait nécessairement à cette action et prendrait un mouvement circulaire opposé au mouvement produit par l'action de la première palette; mais le balancier conservant par son inertie le premier mouvement, il est clair qu'il doit réagir sûr la roue

de rencontre et la faire rétrograder, jusqu'à ce que son mouvement soit entièrement détruit par la pression opposée de la roue; pour lors le balancier cédera à cette pression; laquelle continuera d'agir dans le même sens, jusqu'à ce que la dent qui appuie sur la seconde palette s'échappant, la dent opposée vienne rencontrer de nouveau la première palette, et ainsi de suite.

822. C'est d'après ces principes qu'ont été construites les premières horloges à roue, dont l'invention ne remonte guère au-delà du quatorzième siècle; et il ne paraît pas qu'on ait fait aucun changement à leur construction jusqu'au temps où Huyghens imagina de substituer le pendule au balancier dans les grandes horloges, et d'appliquer un ressort spiral aux balanciers des montres. Par ce moyen le régulateur se trouvant doué d'une force motrice particulière et capable de lui faire faire des oscillations indépendamment de l'action du rouage, il n'en est que plus propre à modérer l'effet de cette action, et à maintenir l'égalité dans le mouvement de l'horloge. Aussi, depuis cette époque, l'horlogerie a continuellement acquis de nouveaux degrés de perfection, auxquels les nouvelles montres marines exécutées en Angleterre et en France paraissent avoir en quelque sorte, mis le comble.

823. *Huyghens*, en appliquant le pendule aux horloges, et le ressort spiral aux montres, a conservé l'ancien échappement dont nous venons de donner la description, et dont on ignore l'inventeur; cet échappement qu'on appelle communément *à roue de rencontre*, est encore celui qui est le plus employé, tant dans les pendules que dans les montres ordinares. Mais, après la découverte d'*Huyghens*, on a tâché aussi de perfectionner la construction de l'échappement, et on a imaginé un grand nombre d'échappemens différens, dont les principaux sont les échappemens *à double levier, à ancre, à cylindre*, etc.

824. *Berthoud* (*a*) divise les échappemens en quatre espèces, 1°. les échappemens à recul; 2°. les échappemens à repos; 3°. les échappemens à vibrations libres; 4°. les échappemens à vibrations libres et à remontoir d'égalité d'arcs.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Échappement à recul.* Pl. XXX, fig. 5.

825. Les échappemens à recul sont ceux dans lesquels la roue pousse continuellement le régulateur, au moyen de son action alternative sur les deux palettes; d'où il arrive que lorsqu'une dent de la roue quitte une palette, une autre dent retombe sur la palette opposée, et le régulateur, continuant sa vibration, donne un mouvement rétrograde à la roue.

Berthoud subdivise cette espèce en trois variétés, 1°. échappement à roue de rencontre; 2°. échappement à ancre; 3°. échappement à double levier.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Échappement à roue de rencontre.*

826. C'est celui que nous avons décrit précédemment (820). Dans les montres, on a mis un pignon au balancier au lieu de palettes, dans lequel engrenait la roue de rencontre faite en façon de roue de champ. On a donné à cet échappement ainsi disposé, le nom d'*échappement à pirouette.*

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Échappement à ancre.* Pl. XXVI, fig. 22.

827. Cet échappement s'appelle ainsi, à cause de la forme de ces palettes *a a* qui ont à peu près la forme d'une ancre. On l'adapte à un pendule qui, par ce moyen, porte une lentille plus pesante, exige un moindre poids pour l'entretenir en mouve-

(*a*) Berthoud, *Histoire de la mesure du temps pour les horloges*, tome 2.

ment, et ne décrit qu'un petit arc dans ces vibrations. M. *Saurin*, dans un mémoire inséré parmi ceux de l'académie pour l'année 1720, a déterminé la courbure que doivent avoir les palettes de l'ancre pour produire l'effet d'une parfaite compensation.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Échappement à deux leviers.* Pl. XXX, fig. 6.

828. A et B sont deux leviers qui ont chacun leurs tiges qui se meuvent librement sur leurs pivots, dans la cage du mouvement; le levier B porte la fourchette qui correspond au pendule, pour entretenir les vibrations; celui A retient le rochet; la dent l'obligeant de se mouvoir, il échappe à son tour, et le rochet est retenu par le levier B, qui est mû par le rouleau C porté par celui A; ce rouleau correspond à la fourchette B C, de sorte que quand un des leviers baisse, l'autre s'écarte.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Échappement à repos.*

829. Les échappemens à repos sont ceux dans lesquels la dent de la roue s'échappe de dessus la palette ou levier d'impulsion, tombe sur un plan circulaire ou sur une portion cylindrique portée par un régulateur, et celui-ci, continuant son mouvement, cette dent reste immobile.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Échappement à chevilles.* Pl. XXVI, fig. 25.

830. Il est composé d'une roue plate garnie d'une rangée de chevilles. La cheville 1, quittant la palette A, celle B reçoit le choc de l'échappement. La vibration augmentant, la palette B s'enfonce, et la roue reste immobile, ce qui fait que l'aiguille des secondes ne recule point. La vibration revenant, la cheville agissant sur le plan incliné, restitue le mouvement.

831. *Le Paute* a imaginé deux sortes d'échappemens à che-

villes, l'un applicable aux horloges à pendule, et l'autre aux montres. (Voyez son *Traité d'horlogerie*, pag. 193 et 198.)

DEUXIÈME VARIÉTÉ.—*Échappement à repos et à ancre, par* Graham. Pl. XXX, fig. 7.

832. Dans cet échappement, le centre *c* de l'ancre *a b* doit être éloigné de la circonférence du rochet, d'une quantité égale au diamètre de ce même rochet. Lorsque la partie *a* de l'ancre vient d'échapper, celle *b* reçoit, sur sa partie circulaire, le choc de la dent du rochet; la vibration s'achevant, la palette s'enfonce dans le fond de la denture sans y toucher. La vibration revenant, le rochet reste immobile et n'a d'action que lorsque le plan incliné se présente à la pointe de la dent; pour lors, la dent agissant sur ce plan, oblige la palette de s'écarter, et, en échappant, la dent tombe, frappe sur la partie circulaire de la palette *a*, et est retenue jusqu'à ce que son plan incliné se présente; pour lors, la dent du rochet cesse d'être immobile; elle suit le plan incliné de la palette, et, en s'écartant, restitue le mouvement au pendule.

833. Suivant *Berthoud*, cet échappement est un des plus parfaits dont on puisse faire usage dans les horloges à pendule, surtout en faisant les palettes en rubis, ainsi que quelques artistes l'ont pratiqué.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Échappement à cylindre*. Pl. XXVI, fig. 24.

834. Cet échappement, inventé par *Graham*, pour les montres, s'appelle échappement à cylindre; parce que la pièce qui forme l'échappement et qui est portée par le balancier, est un cylindre creux en forme de canon. Ce cylindre est coupé au milieu de sa longueur, par une entaille qui passe jusqu'au centre, c'est-à-dire, qu'elle coupe le cylindre par son diamètre. Sur les deux bouts du cylindre ou canon non entaillés, sont ajustés des

bouts de tiges qui forment l'arbre ou axe de son mouvement, de même que du balancier fixé sur un des bouts d'axes rapportés. Ce cylindre ou canon, qui a peu d'épaisseur, est figuré dans la partie entaillée, de manière à recevoir l'action de la roue d'échappement : celle-ci porte des dents figurées en plan incliné, lesquelles agissent successivement sur les bords ou tranchées arrondies de la partie entaillée du cylindre, et produisent, par leur action, la levée ou action d'impulsion qui entretient le mouvement de vibration du balancier. Lorsqu'une dent ou plan incliné a produit la levée, la dent suivante tombe sur la surface du cylindre, et reste immobile pendant tout le temps que le balancier emploie à achever sa vibration; le spiral ramenant le cylindre, l'entaille ou lèvre de celui-ci se présente à l'action de cette même dent, laquelle écarte de nouveau le cylindre pour opérer une autre vibration.

835. On connaît plusieurs autres variétés d'échappemens à repos, parmi lesquelles on distingue celui de *Tompion*; celui de *De Baufré* à cylindre en diamans; celui de *Dutertre*, et celui de *Ferdinand Berthoud.* (Voyez l'*Histoire de la mesure du temps*, par *Berthoud.*)

TROISIEME ESPÈCE. — *Échappemens à vibrations libres.*

836. Les échappemens à vibrations libres sont bien aussi à repos, car la roue, après son impulsion, reste immobile; mais ici ce repos diffère de celui des échappemens dont nous venons de parler, en ce que la roue, après son impulsion, ne touche ni n'appuie sur une portion de cercle portée par le régulateur; mais elle est arrêtée par une pièce séparée de lui, et tellement, que le régulateur achève librement sa vibration, sans éprouver aucune résistance de la part de l'échappement.

837. L'office d'un échappement et les conditions qu'on en exige sont, 1°. que la force du moteur soit transmise au régulateur, au moyen de l'échappement sans perte, c'est-à-dire, que la roue d'échappement communique au régulateur la force qu'elle reçoit du moteur, avec le moins de frottement possible; 2°. qu'après que la roue a communiqué l'impulsion au régulateur, celui-ci achève librement sa vibration; 3°. que l'action de l'échappement ne puisse en aucune manière changer la nature des oscillations du régulateur, c'est-à-dire, que si les oscillations libres du régulateur sont isocrones, ces oscillations le soient également après l'application de l'échappement à l'horloge; 4°. que l'échappement n'exige point d'huile, en sorte que les frottemens qu'il éprouve soient les plus petits possible, et que par conséquent les variations qui pourraient survenir dans ces frottemens ne soient jamais capables d'affecter la marche de l'horloge, ou d'altérer l'isocronisme de ses oscillations. L'échappement à vibrations libres réunit toutes ces propriétés. L'échappement à repos entraîne nécessairement par sa nature, et des frottemens et des variations qui en sont la suite; en sorte que, quelque parfaite qu'en soit l'exécution, comme il exige de l'huile, il entraîne par là des résistances variables très-nuisibles. Dans l'échappement à vibrations libres, le moment d'impulsion de la roue sur le balancier se fait de manière à n'éprouver que le plus petit frottement, et sans qu'il soit nécessaire d'employer l'huile.

838. Cette espèce d'échappement, inventée par *Berthoud*, fut modifiée de différentes manières par *Le Roy*, *Thomas Mudge*, *Dutertre*, *Robin*, et plusieurs autres artistes.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Échappement de* Mudge. Pl. XXX, fig. 3.

839. Cet échappement a beaucoup d'analogie avec l'échappement à repos des horloges à pendule et à secondes. A est la

roue d'échappement, et B l'ancre. Voici comment la roue restitue la force au balancier, à chacune de ses vibrations. L'axe *a* de l'ancre porte la fourchette *a b*; chacun des bras de cette fourchette fait l'office de dent, pour agir sur les palettes formées sur deux cylindres que porte l'axe du balancier B B; chacune des branches ou dents de cette fourchette agit successivement sur une des palettes, et en sens contraire, selon que le balancier va et revient. Cette action de la fourchette sur les palettes s'exerce en un temps très-court; en sorte que le balancier se trouve isolé, et par conséquent oscille librement, pendant que l'action de la roue est suspendue sur les portions de cercle de l'ancre d'échappement B.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. *Échappement de* Berthoud. Pl. XXVI, fig. 27.

840. A est le cercle d'échappement, C la roue, *a b e* la détente; le bras *a* de la détente suspend la force de la roue pendant que le balancier oscille librement; le ressort *d* sert à ramener cette détente aussitôt que la palette *c* a achevé d'écarter le bras *b*: c'est en ce moment qu'une dent de la roue va agir sur le rouleau *k*, porté par le cercle d'échappement A, et transmet sa force pour entretenir le mouvement du balancier; celui-ci ayant achevé son oscillation, revient sur lui-même, et, en rétrogradant, la palette *c* rencontre le bout *b* de la détente; mais elle cède, en s'écartant de ce bras, et se rapprochant vers le centre du cercle éloigné de *b*; le ressort *t* la ramène, pour la remettre en prise, lorsque le balancier a achevé son oscillation; en sorte qu'en revenant, cette palette *c* se présente de nouveau au bras de la détente pour dégager la roue, et restituer de nouveau l'impulsion au balancier.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Échappemens à remontoir.*

841. Cette espèce d'échappement a été inventée par *Thomas Mudge*. Le but de l'auteur a été de conserver au régulateur une constante égalité d'étendue dans ses vibrations.

Dans tous les échappemens dont on a fait usage, soit dans les horloges ou dans les montres, jusqu'à l'époque où l'échappement libre à remontoir a été publié, l'action de la roue d'échappement agit immédiatement sur le régulateur, et lui imprime la force qui lui est transmise par le rouage et le moteur, sans modification; en sorte que cette force ne peut être considérée comme parfaitement constante, à cause des inégalités des engrenages, des frottemens des pivots, et de ceux même du moteur. Dans le nouvel échappement libre à remontoir, la roue d'échappement n'agit pas immédiatement sur le régulateur; mais, à chaque vibration, elle bande un ressort jusqu'à un point fixe et déterminé. Ce ressort, au retour du balancier, est lâché; de sorte qu'en se débandant, sa force restitue au balancier celle nécessaire pour entretenir son mouvement; d'où il paraît que cette force doit toujours être constante, et par conséquent doit imprimer au balancier la même action, et que celui-ci doit décrire des arcs constamment de même étendue.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Échappement à remontoir pour les pendules, par M.* Bréguet. Pl. XXVI, fig. 28 (*a*).

842. A est le dernier mobile qui tend à marcher de droite à gauche. — B, roue garnie de six dents courbées, adaptée à l'axe de la roue A; — C, pignon qui engrène dans la roue A, et qui doit faire six révolutions pour une de la roue A. — D, volant qui entre à frottement doux dans l'arbre du pignon, et qui, par le

(*a*) *Essai sur la composition des machines, par MM.* Lanz et Bettancourt.

moyen d'un petit ressort qui le presse, lui permet de continuer son mouvement, quand le pignon se trouve arrêté subitement. — E, aile ou petite traverse d'acier fixée sur l'arbre du pignon C, qui s'appuie contre la pièce d'arrêt F, laquelle tourne sur le pivot *v*. — G, arbre qui porte trois pièces : 1°. la pièce *c*, qui, d'un côté, est taillée en forme de dent courbe *d*, et qui du côté opposé a deux entailles pour former deux dents à rochet *e*, *f*; la première de ces deux entailles sert pour arrêter le mouvement de l'arbre, au moyen de la pièce d'arrêt H ; et la seconde, pour donner l'impulsion au pendule, quand l'arbre se trouve entièrement libre ; 2°. une goupille, ou petit rouleau *g* fixé dans la pièce *c*, pour lever l'arrêt F ; 3°. un petit poids *h*, qui, par le moyen d'une vis, peut s'approcher ou s'écarter de l'axe, pour régler la force de l'impulsion que doit recevoir le pendule, suivant l'arc qu'on désire qu'il décrive dans son oscillation ; — H, pièce d'arrêt qui peut tourner très-librement sur son centre, qui est fixé à la cage du rouage. — I I, lentille du pendule suspendu à la partie supérieure. — L L, pièce de cuivre fixée à la lentille du pendule. — M, petit levier très-léger, qui, d'un côté, peut tourner sur son pivot *i*, et de l'autre s'appuie sur une goupille *l*; il porte lui-même un petit couteau saillant *m*, qui sert à décrocher la pièce d'arrêt H, et laisser libre le mouvement de l'arbre G. — N, couteau sur lequel le pendule reçoit l'impulsion. Sa saillie ou élévation doit être telle qu'il puisse passer librement derrière la pièce d'arrêt H, et avoir une partie engagée dans l'épaisseur de la pièce *c* ; sa hauteur, ou partie inférieure doit, dans son mouvement, effleurer le bout de la dent *f*, sans cependant la toucher.

843. Le moteur tend à faire tourner la roue A, la traverse E se trouvant arrêtée par la pièce F : supposons que la lentille soit sur le point de commencer son oscillation de droite à gauche, le couteau saillant *m*, du petit levier M, touchera le bout de la

pièce d'arrêt H, et décrochera la dent e, en même temps que le couteau N se présentera devant la dent d'impulsion f. L'arbre G, se trouvant entièrement libre, est sollicité, tant par le poids de la dent d, que par le petit poids h, à tourner de droite à gauche; et, comme son mouvement est plus rapide que celui du pendule, il atteint le couteau N, et lui donne l'impulsion, puisque la dent f s'élève dans son mouvement. L'arbre G continuant à se mouvoir, la goupille g touche la queue de l'arrêt F, et laisse le volant D libre, en même temps que la dent d va se présenter devant la dent p. Pour lors, tandis que le volant fait une révolution, la dent p agissant sur la dent d, conduit l'arbre G à sa première position, la pièce F arrête le volant, et la pièce H arrête l'arbre G. Le pendule marchant de gauche à droite ne trouve d'autre obstacle que la tête de la pièce H, sur laquelle touche le couteau m; mais étant tous deux taillés en plans inclinés, le levier M s'élève et retombe ensuite à sa première position.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Échappement à remontoir de M.* Bréguet, *pour les montres*. Pl. XXVI, fig. 29 (*a*).

844. A A est une platine de métal sur la quelle se fixe tout l'échappement; et, pour bien entendre son mécanisme, il faut y distinguer trois parties. La première partie est composée 1°. des roues B B' d'arrêt, et D d'armure faisant corps ensemble. La roue B B'; est soumise à l'action du moteur primitif, par une espèce d'engrenage qui tend à la faire tourner dans le sens B C B'; 2°. d'un pignon g qui engrène dans la roue d'arrêt B B', et qui a un nombre de dents égal au nombre de celles de la roue d'arrêt, qui correspondent à l'espace entre deux dents consécutives de la rone d'armure. Par ce moyen, le pignon peut, à chacune de ses révolutions, se trouver vis-à-vis d'une

(*a*) Berthoud, *Histoire de la mesure du temps*.

des dents de la roue d'armure. L'axe de ce pignon porte un volant *i g h*: la branche *g i* de ce volant est plus courte que l'autre *g h* à l'extremité de laquelle est fixée une petite pièce d'acier; 3°. d'un ressort d'arrêt *r r* F, à angle droit, sur la direction du volant fixé à son extrémité *r r*, et qui, environ vers les deux tiers de sa longueur, a un rubis saillant V, qu'on peut faire aussi de toute autre pierre fine ou d'acier trempé. Dans l'état de la machine représentée par la figure, ce rubis appuie contre l'extrémité *h* du volant; il fait donc l'office d'un arrêt qui empêche ce volant de se mouvoir dans le sens où le pignon *g*, sollicité par la roue B B', tend à le faire tourner, suspend ainsi la révolution de la roue BB', et par conséquent l'action du moteur; mais si une cause quelconque fait plier le ressort *r r* F du côté du pignon *g*, à l'instant où le rubis V se trouvera vis-à-vis de l'entaille qui est près de l'extrémité *h*, le volant s'échappera, fera une révolution; et, si au bout de cette révolution le ressort *r r* F a pris la première position, la pièce *h i* s'arrêtera contre le rubis V, et n'ira pas plus loin.

845. La seconde partie est composée, 1°. d'un ressort G de pulsion et courbe à son extrémité. Ce ressort est la pièce qui, ainsi qu'on le verra bientôt, sert à restituer au régulateur la force à chaque oscillation : il porte un mentonnet ou loquet dans lequel il y a un petit rubis saillant sur sa surface inférieure. Ce loquet et ce rubis servent avec la pièce qu'on va décrire, à arrêter le ressort de pulsion lorsqu'il a été plié par la roue d'armure D D' qui lui transmet l'action du moteur primitif; 2°. d'un ressort d'accrochement *a* H fixé à son extrémité *a*, sur lequel est attaché un autre ressort N, extrêmement faible. Le ressort H porte un rubis destiné à entrer dans l'entaille du ressort G, et à fixer ce ressort lorsqu'il est bandé. Un autre rubis, placé à son extrémité *s*, retient le ressort N, de manière

que le bout de ce ressort, pressé de droite à gauche, n'oppose qu'une très-faible résistance; et que, pressé de gauche à droite, il reporte sur le rubis *s* tout l'effort qu'il éprouve, et, faisant plier le ressort H, dégage l'autre rubis de l'entaille du loquet. Le ressort H porte à son extrémité un talon contre lequel s'arrête le rubis du ressort de pulsion G, lorsque ce ressort G a été bandé par la roue DD'. Le ressort N s'appuie sur une goupille fixée au talon, et à ce ressort N est attachée une pièce K, à deux faces parallèles, dont chacune fait l'effet d'un plan incliné. La pression qu'une cause quelconque pourrait exercer sur la face inférieure, soulèverait avec le plus petit effort, le ressort N; et la pression que cette même cause pourrait ensuite exercer sur la face supérieure, se reporterait en entier sur la cheville *c*, abaisserait le talon et dégagerait le rubis du ressort H.

846. La troisième partie consiste dans les pièces K et *b*, portées par l'extrémité supérieure de l'axe du balancier, et qui sont placées à un quart de circonférence l'une de l'autre. Lorsque l'oscillation du balancier se fait de droite à gauche, la pièce K fait plier le ressort et passe outre; et, comme la pièce *b* est placée en-dessus du plan de la roue d'arrêt B, et au-dessous du ressort H, l'oscillation de droite à gauche s'achève librement, et sans aucun obstacle que la flexion du ressort N. Mais lorsque le balancier fait ensuite l'oscillation de gauche à droite, ou dans le sens contraire, la cheville K fait presser le ressort N contre le rubis *s*, le ressort H se plie, le rubis *o* se dégage du loquet, et le ressort G, abandonné à lui-même, produit l'effet dont nous parlerons bientôt.

847. On conçoit aisément par la description des trois articles précédens, comment la force motrice se répare, et comment le mouvement se perpétue. A l'instant où le rubis du ressort H est dégagé de l'entaille du loquet du ressort G, ce ressort vient

le frapper, et restituer ainsi au balancier la force qui lui est nécessaire pour achever son oscillation; aussitôt après cette première percussion, la même extrémité q va frapper le bout de F r r, le fait plier, et renvoie le rubis V vis-à-vis l'entaille du volant ih: ce volant devient libre alors; et la force motrice primitive qui agit sur la roue B B', et de suite sur le pignon, lui fait décrire une révolution, au bout de laquelle, trouvant le ressort Frr à sa première place, il l'arrête de nouveau contre le rubis V; mais pendant cette révolution, une dent de la roue D D' agit sur une dent à l'extrémité q du ressort G, qu'elle a forcé par conséquent de retourner en arrière, ne cessant son action, d'après le rapport établi entre les dentures de B et de D, que lorsque le rubis p du ressort H est rengagé dans le loquet; tout revient au premier état, et ainsi de suite.

CHAPITRE II.

Des directeurs.

848. La classe des directeurs se divise en trois genres; le premier contient les *stateurs*; le second, les *limitateurs*; le troisième, les directeurs proprement dits.

CLASSE DEUXIÈME. — RÉGULATEURS DIRECTEURS.

GENRE PREMIER. — Stateurs.

849. Les stateurs sont des organes qui suspendent ou arrêtent le mouvement des machines ou de quelques-unes de leurs parties. Les stateurs appartiennent à différentes espèces, suivant la nature de la suspension de mouvement qu'ils opèrent. Nous placerons dans la première espèce ceux dont les suspensions périodiques sont régulières, uniformes et déterminées; dans la

seconde, ceux dont les suspensions variables sont cependant assujetties à des lois fixes; dans la troisième, les stateurs variables et libres qui produisent simultanément une suspension de mouvement dans un sens et un renouvellement dans un autre; la quatrième contiendra les stateurs variables et libres qui ne produisent qu'une simple suspension.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Stateurs réguliers.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Régulateurs d'une machine à vapeur à double effet.* Pl. XXVII, fig. 1, 2, et 3.

850. Le régulateur est composé d'un assemblage de leviers disposés sur les deux axes *f f* et $f^2 f^2$; un troisième axe *a*, fournit les encliquetages nécessaires. L'axe inférieur *f f* a deux tringles *h k*, $h^3 k^3$, destinées à faire mouvoir respectivement les soupapes Q et S^1, diagonalement opposées; l'axe supérieur $f^2 f^2$ a deux tringles pareilles $h^2 k^2$, $h^1 k^1$ qui correspondent respectivement aux soupapes diagonalement opposées S, Q^1.

851. Toutes les pièces attachées aux axes supérieur $f^2 f^2$ et inférieur *f f*, font corps avec ces axes et tournent avec eux, et par conséquent toutes les pièces attachées à un même axe se meuvent ensemble; au contraire, les pièces adaptées à l'axe du milieu *a a* tournent sur cet axe, qui est immobile, et se meuvent indépendamment l'une de l'autre. Les soupapes S et S^1 paraissent l'une au-dessus de l'autre (fig. 1), quoique dans le fait elles soient à la même hauteur; mais on a ainsi disposé la figure, afin que celle qui est en avant ne cache pas la plus éloignée; il y a la même remarque à faire sur les soupapes Q et Q^1.

On voit que l'axe *a a* porte une pièce *d a c* qui sert d'arrêt à la pièce *f d* de l'axe *f f*, qui, par conséquent empêche que le poids ou lentille $S^2 S^3$ ne donne un mouvement de rotation à cet axe *f f* dont l'effet serait de tirer les tringles *h k*, $h^3 k^3$, et de faire lever les soupapes Q et S^1. Une autre pièce d^1 *a*, est

destinée à servir d'arrêt à la pièce f^2 d^2 de l'axe f^2 f^2; mais comme l'encliquetage est lâché, le poids de la lentille S^4 S^5 tient les deux soupapes Q' et S ouvertes. La branche a d' se tient appuyée contre la branche f' d', par l'effet du contre-poids b. Les différentes pièces de l'encliquetage sont dessinées séparément à côté de la figure, afin qu'on puisse bien distinguer la forme de chacune.

852. Dans cet état la poutrelle pp, qui a un mouvement alternatif de montée et de descente, est supposée partir du point le plus haut de sa course, et commencer à redescendre; lorsque la cheville v sera assez abaissée pour appuyer sur la branche f^2 g^2 elle fera tourner tout l'équipage attaché à l'axe f^2 f^2 tendra à faire engager l'encliquetage a d^2 f^2 et à faire fermer les soupapes Q' et S. On conçoit que les dimensions des pièces peuvent être tellement combinées que, lorsque l'encliquetage s'engage, les soupapes achèvent de se fermer, et c'est en effet ce qui a lieu. Mais lorsque ce double effet se produit, le tasseau t atteint l'extrémité c de la branche a c, la force de s'abaisser et fait dégager l'encliquetage a d f; alors le poids de la lentille S^2 S^3 a une libre action sur l'axe ff, fait faire une partie de la révolution à cet axe, et fait par conséquent ouvrir les soupapes Q et S', tandis que l'arrêt qui est en d empêche que la lentille S^2 S^3 ne produise le même effet sur les soupapes Q' et S.

On voit donc comment la descente de la poutrelle p p fait fermer les soupapes diagonalement opposées S et Q' et ouvrir les soupapes de l'autre diagonale. S' et Q. Il sera facile de concevoir comment la montée de cette poutrelle produit l'effet inverse. La cheville g rencontrant la branche f g la fait remonter et fait engager de nouveau l'encliquetage f d a que le tasseau t avait fait dégager. Q et S' se ferment; mais pendant

ce temps le tasseau t^2 va presser par-dessous l'extrémité c^2 de la branche ac^2 et fait dégager l'encliquetage $f^2\ d^2\ a$ que la descente de la chevllle v avait fait engager; la lentille S^4S^5 exerce alors toute son action sur l'axe f^2, et, lui faisant faire une portion de révolution, fait ouvrir les soupapes Q et S. Les choses reviennent donc dans leur premier état.

853. La poutrelle pp tient à une verge de fer, attachée à charnière, au côté cd du paralléllogramme $abcd$ (fig. 1 Pl. XVII). Ainsi la vapeur ne peut faire monter et descendre le piston du cylindre à vapeur, sans donner un mouvement semblable à la poutrelle pp, et ce dernier mouvement reproduit le premier en ouvrant et fermant les soupapes qui servent d'un côté à introduire la vapeur, et de l'autre à la conduire au condenseur. Les soupapes qui se ferment sont également pressées des deux côtés par la vapeur : mais celles qui sont prêtes à s'ouvrir ne sont pressées qu'à la partie supérieure, et on a à surmonter outre leur poids l'action de la vapeur.

854. Un bon régulateur doit avoir les qualités suivantes ; qu'un très-petit effort puisse vaincre l'effet de la vapeur sur la soupape, pour éviter les saccades qui ébranleraient la machine.

2°. Que les soupapes s'ouvrent promptement afin que la vapeur puisse, sans perdre le temps, vaincre l'inertie des balanciers et des autres pièces qui en dépendent.

3°. Que les soupapes se ferment lentement, afin que l'axe du balancier n'éprouve pas de chocs violens lorsque la vapeur doit agir en sens contraire.

4°. Qu'on puisse régler avec facilité l'ouverture des soupapes, pour que tous les mouvemens se fassent avec l'accord convenable.

855. La première condition est remplie par le régulateur que nous venons de décrire ; car, lorsque les soupapes Q et S^1 sont

Avant l'invention de cet instrument, pour faire une roue dentée, on était obligé de diviser, avec un compas, le cercle qui devait la former, en autant de parties égales que cette roue devait avoir de dents. On traçait, d'après ces divisions, les dents et les intervalles qui les séparent; et ensuite, avec une lime, on emportait la matière qui forme l'intervalle des dents. On peut juger, par là, combien ces opérations étaient longues, et le peu d'exactitude que l'on obtenait, étant également exposé à faire des dents d'inégales grosseurs, et par conséquent de très-mauvais engrenages. Cependant ce moyen, tout imparfait, était encore mis en usage, il n'y a pas fort long-temps, pour l'exécution des roues des horloges de clochers.

858. La figure 2 (Pl. XXX) représente en perspective une machine à fendre. Les trois parties principales de cet instrument sont d'abord la plate-forme P, la lime qui doit fendre les dents, et la pièce *s p*, appelée *alidade*. La plate-forme ou diviseur est une grande platine ronde, faite en cuivre, sur laquelle sont tracés plusieurs cercles concentriques, qui sont divisés en des nombres différens les plus en usage : chaque division est marquée par un point profond, propre à recevoir la pointe *p* de l'alidade, et à fixer la plate-forme; de sorte qu'elle ne puisse tourner. Or, si l'on fixe concentriquement à la plate-forme une roue R, et qu'on pose la pointe *p* de l'alidade successivement sur tous les points de division d'un cercle, et qu'à chaque point on fasse une fente à la roue, on aura une roue qui aura autant de dents que le cercle de division a de points.

859. La plate-forme P P est fixée sur l'arbre O F, lequel est mis en cage dans le châssis A; B, C, D, E, et y tourne librement. Cet arbre est percé dans sa longueur, afin de recevoir un arbre plus petit, qu'on appelle *tasseau*. Le tasseau porte une assiette ayant une vis et un écrou, pour fixer la roue qu'on

veut fendre, et le tasseau est fixé lui-même avec l'arbre de la plate-forme, au moyen d'une clavette *c*, qui les traverse l'un et l'autre, et qui est pressée par un écrou mis à vis, à la circonférence même de l'arbre du diviseur.

860. L'alidade *s*, *p* est attachée sur un bout prolongé de la pièce Z fixée au coude Q, porté par le châssis E D. Cette alidade tourne sur elle-même, pouvant s'approcher ou s'éloigner du centre de la plate-forme P, pour poser sa pointe sur les différens cercles de division : elle est faite en acier trempé, et rendue flexible vers son centre de mouvement, afin de faire ressort et de faire appuyer fortement la pointe *p*, sur les points de division, et que la plate-forme ne puisse tourner sans lever cette pointe. La pointe *p*, *o* est une vis qui entre dans l'alidade ; on la fait monter ou descendre convenablement, pour amener la pression de l'alidade au point nécessaire pour rendre la plate-forme très-fixe.

861. La lime circulaire ou fraise *d* est faite en acier, taillée en rochet, et trempée très-dur. Cette fraise est arrêtée par un écrou placé sur l'arbre *a a*, qui porte un pignon, dans lequel engrène la roue *b b*; l'axe de cette roue porte la manivelle *m*, laquelle sert à faire tourner la fraise *d*, pour fendre les dents. La pièce H H, sur laquelle la fraise est placée, s'appelle *porte-fraise*, ou l'H, parce qu'elle en a la figure : le porte-fraise H se meut sur deux pointes de vis 3, 4, lesquelles entrent dans des trous coniques faits à la pièce N, pressée par une vis qui l'arrête au point requis sur le châssis E; les deux vis 1, 2 de l'H, servent à recevoir les pointes de l'arbre à fraise, sur lesquelles il tourne. Le porte-fraise a un mouvement, au moyen duquel il s'élève et s'abaisse pour former les fentes des dents : la vis *f* sert à régler son abaissement; à cet effet, sa pointe porte sur un talon de la pièce N, qui est attachée sur un cou-

lant ou chariot M M, ajusté à queue d'aronde sur la barre E du châssis, sur lequel elle peut glisser et s'approcher, ou s'éloigner du centre de la plate-forme, selon qu'il est besoin, pour régler l'enfoncement des dents des roues, et selon que ces roues ont plus ou moins de diamètre. On fait ainsi mouvoir le chariot par le moyen de la manivelle K, qui entre carrément sur le bout prolongé de la vis W : la tête de cette vis est arrêtée dans le pilier D, de manière qu'elle ne peut qu'y tourner, étant prise par un collet : l'autre bout de la tige W entre à vis sur un talon porté par le dessous de la boîte M M, sous le plan E I.

862. Pour fendre les roues de rencontre avec l'inclinaison nécessaire à donner aux dents, on a procuré au porte-fraise un mouvement propre à donner cette inclinaison, la pièce N tournant sur son centre, qui est porté par la pièce Y, sur laquelle on l'arrête par un écrou, lorsqu'elle a l'inclinaison requise.

863. Les pièces qui portent l'H ont encore deux sortes de mouvement : 1°. celui de la pièce Y, laquelle peut monter et descendre dans une rainure faite à la pièce Æ : ce qui sert à élever le centre de l'H à la hauteur du tasseau, pour que les fonds des dents d'une roue épaisse soient perpendiculaires au plan de la roue; 2°. l'H se meut de droite à gauche, et de gauche à droite, afin d'être dirigée vers le centre de la plate-forme, ou inclinée à volonté pour fendre les roues à rochet.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de* Ramsden *à diviser les instrumens de mathématiques*. Pl. XXX, fig. 1.

864. Cette belle machine, qui fit obtenir à son auteur une récompense de 15,000 fr., consiste en une roue de cuivre de 42 pouces de diamètre, placée sur un support en bois d'acajou. Ce support est composé de trois pieds assemblés fortement

par des crochets; chacun des pieds est surmonté d'une roulette conique; la roue est appuyée sur ces roulettes; et, pour qu'elle ne puisse se déplacer, elle a au centre, dans sa partie inférieure, un pivot qui tourne dans une douille ou cylindre creux fixé dans le support.

865. La circonférence de la roue A A est striée et contient 2160 dents ou filets, dans lesquels engrène une vis sans fin V; six tours de cette vis font parcourir un degré à la roue. L'arbre de la vis porte un cercle de fer K, dont la circonférence est divisée en soixante parties; en sorte que chacune répond à 10″ de mouvement.

866. Le pivot qui est au centre de la roue, et qui sert d'axe de rotation, s'élève en dessus, pour qu'on puisse y ajuster les centres des divers instrumens que l'on veut diviser sur la machine. On fixe ces instrumens avec des vis qui entrent dans des trous pratiqués à cet effet dans les rayons de la roue; le châssis mobile *b*, *b*, *b*, *b* conduit le *tracelet*, ou outil à diviser, placé sur un plus grand châssis B, B, B, B. Le grand châssis embrasse, dans sa partie supérieure, le pivot du centre (qui s'élève au-dessus de l'instrument que l'on veut diviser), avec une entaille angulaire qui est faite dans une pièce d'acier trempée D. Le petit châssis *b*, *b*, *b*, *b* qui conduit le tracelet, glisse sur le grand B, B, B, B, jusqu'à la distance du centre qu'exige le rayon de l'instrument qu'on divise, et on l'assujettit, au moyen des vis de pression placée de chaque côté. Le tracelet placé en I est retenu par une double coulisse que l'on ne peut voir dans la figure, et ces coulisses lui permettent un mouvement facile dans la direction du rayon pour couper, en divisant, sans aucun mouvement latéral.

867. On voit, par ce qui vient d'être dit, que l'instrument ainsi placé sur la machine à diviser, peut être mû angulairement

par la vis; et qu'ainsi la circonférence de cet instrument peut être divisée, en tournant sur son axe, avec la plus grande exactitude par le tracelet, qui ne se meut que dans une ligne dirigée vers le centre, et qui n'a point les inconvéniens d'un instrument qui coupe par son bord. Cette méthode prévient aussi les inconvéniens qui pourraient résulter de l'expansion du métal pendant le temps que dure l'opération. Le châssis de la vis *c*, *c*, *c*, *c* est fixé à l'extrémité d'un pilier conique *m*, *m*, qui peut avoir un mouvement de rotation verticale autour de son axe, placé dans la partie inférieure du châssis, et a ainsi la faculté de se mouvoir dans la direction du rayon, de manière que le châssis de la vis peut être entièrement guidé par le châssis B, B, B, B, qui le lie avec le centre. Par ce moyen, l'excentricité quelconque de l'arbre de la roue ne pourrait produire aucune erreur dans la division; et la vis, lorsqu'elle est pressée contre les dents de la roue, se meut toujours parallèlement à elle-même, de manière que la ligne qui joint le centre de l'arc et le tracelet, fait toujours des angles égaux avec la vis. Une corde *r*, *r* s'enveloppe sur l'axe de la vis, et correspond à une pédale placée dans la partie inférieure du support; en comprimant la pédale on oblige la vis à engrener dans la denture de la roue. Les pivots de la vis sans fin sont formés de deux parties coniques, réunies par un cylindre; ces pivots sont logés dans des cavités qui pressent seulement par les parties coniques, et ne touchent point la partie cylindrique. Une vis de pression rapproche, plus ou moins, cette partie pour empêcher que la vis sans fin n'ait du jeu.

868. Le châssis BBBB qui, comme nous l'avons déjà dit, assemble avec le centre de la roue la vis sans fin et son châssis *cccc*, est réuni à ce dernier par deux vis *yy*. Ces vis sont arrêtées par les écrous *xx* qu'on fait tourner avec les doigts. La vis *s*

sert à éloigner ou à rapprocher le châssis de la vis sans fin de la circonférence de la roue A A. La machine est mue par une manivelle que l'on fixe à l'extrémité de l'axe de la vis sans fin.

Voici la méthode employée par Ramsden pour tailler les dents de la roue A A ; ayant réglé le nombre des dents qui était le plus convenable, savoir de six fois 360 ou 2160, il fit deux vis d'acier trempé de même dimension, dont les deux pas étaient tels que le calcul lui avait indiqué pour être dans les limites qui convenaient à la circonférence de la roue. Une de ces vis qui était destinée à couper les dents était entaillée en travers, de manière que la vis, lorsqu'elle était pressée contre le bord de la roue et qu'on la faisait tourner, le coupait en manière de scie. Ayant pris ensuite un segment de cercle d'un peu plus de 60 degrés, et à peu près de même rayon que la roue, et en ayant marqué bien exactement la circonférence, il décrivit un arc fort près du bord où il marquait la corde de 60 degrés. Ce segment fut mis à la place de la roue, le bord fut cannelé, et l'on compta le nombre de révolutions et de parties de la vis contenues dans l'intervalle de 60 degrés. Le rayon fut corrigé dans la proportion de 360 révolutions qu'il devait y avoir dans les 60 degrés, au nombre qui s'y trouvait réellement ; et le rayon ainsi corrigé étant pris avec un compas à verge tandis que la roue était sur le tour, une pointe du compas fut placée au centre, et avec l'autre on décrivit un cercle sur l'anneau. Alors la moitié de la profondeur des filets de la vis ayant été prise au dehors du cercle, on décrivit une autre circonférence qui coupait ce point. On tourna alors un creux sur le bord de la roue, en sorte que la courbure de cet enfoncement fut le même que celui de la vis à la base des filets : le fond de ce creux fut tourné sur le même rayon ou la même distance au centre

de la roue que la partie extrême des deux cercles dont nous avons parlé.

869. La roue ayant été ôtée de dessus le tour, il y décrivit un cercle d'environ $\frac{4}{10}$ de pouce en dedans du point où devait passer le fond des dents. Ce cercle fut divisé avec la plus grande exactitude possible d'abord en cinq parties, et chacune en trois, qui furent subdivisées en deux, et celles-ci en quatre ; de sorte que chacune des dernières divisions devait contenir neuf dents. Cela fait, on fit mordre la vis sur la circonférence pour former les dents, ayant soin d'éloigner ou de rapprocher cette vis de manière que les neuf dents fussent exactement comprises entre chaque point de division. Cette opération fut répétée trois fois en rapprochant et éloignant la vis à chaque division. Alors il usa la roue en tournant continuellement dans la même direction sans desserrer la vis ; et, en grattant la roue environ trois cent fois tout autour, la denture fut achevée.

On divise au moyen de la machine de Ramsden, un sextant avec la plus scrupuleuse exactitude en vingt minutes.

Ramsden a aussi inventé une très-belle machine pour diviser les lignes droites. Elle a été décrite par de la Lande.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Plate-forme à fendre et à diviser de M.* Petit-Pierre.

870. M. *Petit-Pierre* a inventé une *plate-forme* sur laquelle, au moyen de quelques pièces de rechange, on peut diviser les lignes droites et les lignes circulaires, fendre les roues et les pignons, tailler les fusées de montres et de pendules, tourner et denter les fraises, entailler les limes à arrondir, à l'usage des horlogers.

871. On remarque dans cette machine, dit M. *Molard* dans un rapport, 1°. que l'arbre de la plate-forme, disposé horizontalement, est percé dans toute sa longueur, d'un trou rond, dans

lequel on peut centrer les axes des roues et les fendre sans les démonter, avantage que n'ont pas ordinairement les anciennes plates-formes, dont l'arbre est vertical; 2°. que l'on fixe la plate-forme au moyen d'un piton à pointe, pressé par un ressort, qu'il suffit de comprimer à l'aide d'un levier, pour dégager la plate-forme et changer de division : ce moyen réunit à la solidité nécessaire le mérite de ne point fatiguer les divisions, comme l'alidade dont on se sert ordinairement; 3°. que l'arbre de la plate-forme s'incline à droite et à gauche lorsqu'il s'agit de tailler des roues menées par le filet d'une vis; 4°. que l'axe de la fraise étant maintenu entre deux poupées à pointes, au-dessus du tasseau de la plate-forme à une hauteur qui varie suivant le diamètre des roues et des pignons qu'on veut fendre, on fait aller et venir la plate-forme parallèlement à son arbre, et de la quantité nécessaire pour que la fraise forme les dents. Les fraises sont exécutées de manière qu'elles fendent les dents et les arrondissent en même temps.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Stateurs dont les suspensions variables sont cependant assujettis à des lois fixes.*

872. Les *quadratures* des *répétitions* c'est-à-dire, les mécanismes qui composent la sonnerie de ces sortes d'horloges, appartiennent à cette espèce.

Nous nous bornerons ici à donner la description de la quadrature d'une répétition ordinaire. Les lecteurs curieux d'avoir de plus amples détails sur ces ingénieuses combinaisons d'organes, pourront consulter les divers traités d'horlogerie, et spécialement les ouvrages de *Berthoud*.

Quadrature d'une répétition. Pl. XXVIII, fig. 1 et 2.

873. (*a*) La fig. 1 représente cette partie d'une répétition de montre, qui s'appelle *quadrature*. Elle est vue au moment où l'on vient de pousser le bouton pour la faire répéter.

Pour mieux concevoir l'effet et la disposition de cette répétition, il ne faut que jeter un coup d'œil sur la fig. 2. On voit en perspective la *crémaillère* $y\,c$, le *limaçon* L des heures, et l'*étoile* E, les poulies A et B, le *rochet* R, la roue a, la levée $m\,n$, et le grand marteau M : or ce sont les principales parties d'une répétition, qui sont représentées comme si elles étaient actuellement en mouvement.

P, fig. 1, est l'anneau auquel tient le poussoir. Le poussoir entre dans le canon o de la boîte, et s'y meut selon sa longueur, en tendant au centre : il porte la pièce p, qui est d'acier, et limée plate par-dessous ; une plaque, qui tient à la boîte, sert à l'empêcher de tourner, et lui permet seulement de se mouvoir selon sa longueur : l'excédant ou rebord de cette partie du poussoir sert à le retenir, de manière qu'il ne puisse sortir du canon de la boîte.

874. Le bout p du poussoir agit sur le talon t de la crémaillère C C, laquelle a son centre de mouvement en y, et dont l'extrémité c fixe un bout de la chaîne $s\,s$; l'autre bout de cette chaîne tient à la circonférence d'une poulie A, mise carrément sur l'axe prolongé de la première roue du petit rouage, placé dans l'intérieur de la cage pour régler l'intervalle des coups de marteau. Ce petit rouage n'est pas représenté ici. La chaîne $s\,s$ passe sur une seconde poulie B.

Lorsqu'on pousse le poussoir p, le bout c de la crémaillère

(*a*) Berthoud, *Histoire de la mesure du temps*, tome 1.

parcourra un certain espace ; et, par le moyen de la chaîne *ss*, il fera tourner les poulies A, B : ainsi le rochet R, fig. 2, rétrogradera jusqu'à ce que le bras *b* de la crémaillère C C, fig. 2, appuie sur le limaçon L qui se présente au bras *b*. Le limaçon L est fixé à l'étoile E, par le moyen de deux vis : ils tournent l'un et l'autre sur la tige de la vis V, fig. 1, portée par la pièce T R, qui s'appelle le *tout-ou-rien*. Cette pièce se meut sur son centre T. Le tout-ou-rien forme, avec la platine, une cage où tournent l'étoile et le limaçon des heures. Voyons maintenant comment les quarts sont répétés.

875. Outre le marteau des heures qui est placé dans la cage, il y a un second marteau, également placé dans l'intérieur de la cage : l'axe ou pivot de ce marteau passe à la *quadrature*, et porte la pièce 5, 6, fig. 1. Le pivot prolongé du marteau des heures passe aussi du côté de la quadrature, et porte le petit bras *q*. Ces pièces 5, 6, *q*, qu'on appelle *levées*, servent à faire frapper les quarts par des coups doubles. Les levées 5, 6, *q* sont mises en action par la pièce Q, qu'on appelle *pièce des quarts*. Cette pièce porte en F et en G, les dents faites en rochet. Ces dents agissent sur les levées 6 et *q* pour faire frapper les marteaux. La pièce des quarts Q est entraînée par le bras K, que porte l'axe du rochet des heures, placé au-dessus de la poulie A de la pièce des quarts; en sorte qu'aussitôt que les heures sont frappées, le bras K agit sur une cheville fixée sur la pièce des quarts G, et oblige celle-ci de tourner et de lever les bras *q* et 6, et par conséquent de faire frapper les marteaux ; le nombre des quarts que doivent frapper les marteaux, est déterminé par le limaçon des quarts N, selon les enfoncemens ou degrés *h*, 1, 2, 3, qu'ils présentent. Lorsque l'on pousse le poussoir *p*, le bras K rétrograde, et ne retient plus la pièce des quarts : aussitôt que

celle-ci est libre, elle rétrograde, étant pressée par le ressort D; les dents que porte la pièce des quarts s'engagent plus ou moins avec les levées 6 et *q*, qui ont aussi un mouvement rétrograde, et sont ramenées par les ressorts 10 et 9 : le bras K ramenant la pièce des quarts, le bras *m*, que porte cette pièce, agit sur l'extrémité R du tout-ou-rien T R, dont l'ouverture *x*, à travers laquelle passe une *broche* fixée à la platine, permet que R parcourt un petit espace. Le bras *m* étant parvenu à l'extrémité R, celle-ci, pressée par le ressort *i x*, revient à son premier état; de manière que le bras *m* pousse sur le bout R, et que la pièce-des-quarts ne peut rétrograder, sans que le tout-ou-rien ait produit son effet. Le bras *u* que porte la pièce-des-quarts sert à renverser la levée *m*, fig. 2, dont la partie 1 passe dans la *quadrature ;* en sorte que, lorsque les heures et les quarts sont répétés, la pièce-des-quarts continue encore à tourner, et le bras *u* renverse la pièce *m*, et met cette levée hors de prise du rochet, pendant tout le temps que le tout-ou-rien T R ne laissera pas rétrograder la pièce-des-quarts : ce qui n'arrivera que dès qu'on aura poussé le poussoir assez fortement, pour que le bras *b* de la crémaillère, pressant suffisamment le limaçon, fasse écarter l'extrémité R du tout-ou-rien; alors seulement la pièce-des-quarts rétrogradera, dégagera les levées, et les marteaux frapperont le nombre d'heures et de quarts déterminé par les limaçons L et N.

Cette ingénieuse partie de la répétition est construite de telle sorte, qu'il faut que la montre répète l'heure et les quarts justes déterminés par les limaçons, et par conséquent par les aiguilles, ou bien qu'elle ne répète point du tout. C'est par cette raison qu'on l'a appelée *tout-ou-rien*.

876. La fig. 3 (Pl. XXVIII) représente la chaussée portant le limaçon des quarts N. Ce limaçon est fixé sur le canon *c* de

chaussée, dont l'extrémité *d* porte l'aiguille des minutes. Ce limaçon porte une pièce S, qu'on appelle la *surprise*, dont l'effet est d'assurer les effets de la pièce-des-quarts, au moment où l'aiguille des minutes est à 60 minutes, et où l'étoile fait changer d'heure au limaçon. Pour cet effet, la surprise porte la cheville O, qui sert à faire tourner l'étoile E, maintenue par le sautoir, ou valet à ressort S, fig. 1. Lorsqu'une dent de l'étoile est arrivée à l'angle du sautoir, celui-ci en descendant fait avancer encore l'étoile, dont une dent pousse subitement la cheville O, et fait avancer la partie Z de la surprise; en sorte que le bras Q de la pièce-des-quarts vient poser sur cette partie : ce qui empêche la pièce-des-quarts de descendre dans le degré 3, ainsi que cela eût pu arriver, si l'on eût en ce moment fait répéter : or ici elle sonne seulement l'heure, telle qu'elle est indiquée par les aiguilles.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Stateurs variables et libres qui produisent simultanément une suspension de mouvement dans un sens, et un renouvellement dans un autre sens.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Engrenage à fourchette mobile de M.* de Prony (*a*). Pl. XXVII, fig. 6.

877. *a b*, roue horizontale fixée à un arbre vertical *c d*, que le moteur fait immédiatement tourner; cette roue engrène dans deux pignons placés aux extrémités de l'axe *g h*, mais qui ne font point corps avec cet axe, pouvant tourner à frottement doux sur des collets; et c'est dans cette particularité que consiste la propriété du mecanisme. On conçoit aisément que la roue *a b* agissant sur ces pignons non assujettis sur leurs collets, ne doit produire aucun effet sur la masse à

(*a*) *Mémoires de l'Institut.*

enlever ; mais si, par quelque moyen, on parvient à fixer un de ces pignons avec l'axe, alors la rotation de ce pignon déterminera celle de la poulie *ii*, et par conséquent l'ascension d'un des seaux. Si ensuite le seau étant monté, on dégage le pignon fixé, qui alors n'influera plus sur la rotation de la poulie, et qu'on fixe à son tour l'autre pignon avec l'axe; ce sera ce dernier qui fera tourner la poulie, et il est aisé de voir qu'il lui donnera un mouvement contraire à celui imprimé précédemment par l'autre pignon, la grande roue *a b* tournant toujours dans le même sens; ainsi le seau qui était monté descendra réciproquement.

878. Tout consiste donc à fixer alternativement sur l'axe l'un et l'autre des pignons *g*, *h*, lorsque chacun des seaux est arrivé à sa destination. Voici comment cette condition s'obtient par le mouvement même des seaux.

Une verge double est attachée à des boîtes à coulisse percées en carré, et terminées en des roues à rochet o q à chaque bout. Le tout réuni pour glisser et avoir un mouvement progressif le long de la partie carrée *l* de l'axe précité *g h* : les deux roues à rochet ou à cliquet *o o* destinées à s'engager dans les dents des roues à rochet correspondantes *m*, *n*, lesquelles sont fixées sur les faces des pignons *e f*, *e f*; il est évident qu'en faisant avancer la verge, dans un sens ou dans l'autre, il y aura alternativement encliquetage vers l'un des deux pignons, l'autre restant libre; et qu'ainsi l'axe *g h*, tournera successivement dans le sens opposé.

879. Pour faire correspondre l'alternation du mouvement à la vidange des seaux, M. de *Prony* fait passer le mentonnet *p* d'un arbre en fer *r r* dans la boîte à coulisse précitée *g* : les deux brides ou plateaux qui forment les extrémités de cette boîte changent de position à mesure que le mentonnet *p* les

tire à droite ou à gauche ; afin de produire cet effet plus facilement, l'arbre *rr*, mobile sur son axe est surmonté près d'une des extrémités d'un levier *s*, terminé en une lentille de plomb *t*. On conçoit aisément que cette lentille étant supposée se mouvoir à droite et à gauche, le mentonnet *p* rencontre et choque de part et d'autre les brides ou plateaux de la boîte à coulisse *g*, détermine par conséquent le mouvement alternatif de la verge et de suite les encliquetages successifs de chacun des pignons; d'où résultent la montée et la descente alternatives des seaux.

880. Il ne s'agit donc que d'employer les seaux eux-mêmes à faire osciller le poids *t*, et c'est ce qui s'exécute très-aisément au moyen des pates *u*, *u*, fixées sur l'arbre *t*, *t*, lesquelles sont élevées alternativement par les leviers *v*, *v*, dont les extrémités s'enfourchent sur les chaînes des seaux *w*; les leviers à fourches des seaux sont de plus munis de montans *x x*. Lorsque les leviers se trouvent en repos, une des pates se porte sur un des montans *x*: mais celui des seaux qui arrive le premier au haut du puits commence par se vider, au moyen du crochet *y*: ensuite la bride du seau rencontre la fourche du levier *v*, ce qui donne à la lentille *t* un mouvement de bascule qui alterne l'encliquetage des pignons, et décide à l'instant même le mouvement inverse de l'axe *g*, *h* de la poulie et des seaux.

Les seaux ont une soupape à leur fond, et sont suspendus un peu au-dessus de leur centre de gravité, en les supposant pleins.

Un poids sert à maintenir le seau baissé, afin de terminer la vidange pendant le changement d'encliquetage.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Engrenage à fourchette mobile de M.* Bettancourt. Pl. XXVII, fig. 8.

881. Le pivot *b* de l'arbre tournant *a b* repose sur une pièce de bois *e* garnie de deux rouleaux qui entrent dans une rainure pratiquée dans la traverse *n' m'*; par ce moyen, l'arbre *a b* peut avec facilité s'approcher successivement des roues dentées F, G, auxquelles s'accroche la vis sans fin *h* dont il est garni. C et L sont deux traverses qui servent à soutenir l'arbre, sans gêner le petit mouvement de balancement qu'on doit lui communiquer par la pièce mobile *e*, sur laquelle repose son pivot. On voit, dans cette pièce, deux cliquets *a' b'*, *c d*, qui tournent autour de leur axe *a'* et *c*, lesquels, ainsi que les deux goupilles *b* et *d* qui garnissent leurs extrémités, se prolongent de manière à atteindre le plan d'une pièce métallique *u m n* qui a deux branches taillées en forme de fourche, pour laisser passer les cordes qui portent des seaux; près de l'extrémité *g* s'élève une tige qui porte un poids P; dans la traverse *n' m'* on remarque deux pitons *x* et *y*, dont la saillie égale l'épaisseur des deux cliquets *a' b'*, *c d*. La branche *u*, après avoir poussé le piton *a'* vers la gauche, fait accrocher la vis sans fin *h* à la roue dentée F, et le cliquet *a' b'*, tombant par son propre poids, s'engrène avec le piton *x*, et assujettit l'arbre contre la roue dentée. Quand le boulon *s*, qui se trouve près des seaux S, vient de s'engager dans la fourche *l*, la pièce *u n m* est contrainte à tourner sur son axe, et le bras *n*, touchant la goupille *b*, décroche le cliquet avant de prendre une position horizontale; mais à peine il a dépassé cette position, que le contre-poids P, tombant de l'autre côté, le bras *u*, pousse le piton *c*, et fait passer à droite l'arbre qui s'accroche à la roue G, tandis que le cliquet *c d*, par son propre poids, s'engage avec le piton *y*. Les deux cylindres tournent en sens con-

traire, et le seau S descend pendant que l'autre monte, et ainsi successivement.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Anneaux à cliquet de M.* Berthellot. Pl. XXXI, fig. 3 et 4. *Plan et élévation.*

882. Ce mécanisme ingénieux inventé par *Berthellot* sert à transformer un mouvement alternatif rectiligne en circulaire continu. Deux anneaux *a* et *b* tournent librement sur l'axe *m m*, mais dans un seul sens, puisque la crémaillère et le cliquet dont ils sont surmontés les arrêtent dans l'autre sens. Deux cordes *x x* et *y y* enveloppent ces anneaux et se rattachent au châssis mobile *g g g g*. Quand on tire le châssis d'un côté, un des anneaux ne pouvant tourner sans l'axe, il lui communique le mouvement; quand on le tire de l'autre côté, ce premier anneau glisse librement, et le second agit sur l'axe. Les crémaillères étant disposées en sens contraire, on conçoit que le mouvement qui en résulte doit être continu.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Verrou simple.* Pl. XVII, fig. 14.

883. Le verrou *a a* est mû par un petit bras de levier *b*, et contre-buté par un ressort réacteur *m*. Le verrou entre dans une cavité pratiquée dans la pièce X tournante, sans frottement sur l'axe *y y*. Il est évident que si l'on abaisse le levier et que l'on dégage le verrou de sa cavité, la pièce X pourra tourner indépendamment de Z; et que, si au contraire le verrou est engagé, les deux pièces, ne formant plus qu'un seul corps, doivent se mouvoir simultanément. La fig. 5 (Pl. XXVII) représente une roue sur laquelle agit la détente *c* dont l'action est analogue à celle du verrou.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Axe à deux verroux.* Pl. XXVI, fig. 14 et 15.

884. Deux bras de leviers *xx*, *yy*, correspondent aux verroux *m* et *n*, dont l'un entre alternativement dans l'engrenage *a* et *b*,

et l'autre dans les engrenages *b* et *d*; de sorte que l'on peut à volonté, rendre actifs ou inactifs les engrenages *a*, *b*, *c*, simultanément ou séparément. La fig. 6, (Pl. XXVII), représente un verrou de même nature que les précédens.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Tenaille à plans inclinés*. Pl. XVII, fig. 13.

885. Ce mécanisme est employé dans les sonnettes à *déclic*. Le mouton est composé de deux pièces qui s'unissent au moyen d'une tenaille *m*. Cette tenaille est obligée de s'ouvrir toutes les fois qu'elle rencontre les plans inclinés *x x*, et de lâcher la pièce inférieure *m* qu'elle soutenait.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Stateurs libres qui ne produisent qu'une simple suspension.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Mécanisme pour dételer un cheval employé comme moteur*. Pl. XXXI, fig. 12.

886. M. *De Prony* a trouvé un moyen très-ingénieux de dételer un cheval employé à faire mouvoir une machine, lorsque l'effort se trouverait augmenté par un obstacle quelconque. Les traits 1, 1, 1, passent à travers des ouvertures 2, 2, pratiquées dans le joug 4, 4, attaché au bord du levier 3: ce levier est emmanché dans l'arbre vertical, et sert à donner le mouvement à la machine: ces ouvertures 2, 2, sont garnies de poulies pour diminuer le frottement. L'extrémité de chaque trait se termine en un œil qui s'accroche sur un piton implanté dans l'arbre 5, mobile sur ses tourillons. A l'entour de cet arbre 5 s'enroule une corde, laquelle remonte en passant par-dessus les poulies *b*, *b*, *b*, et s'attache enfin à un poids le long de l'arbre vertical: ce poids, qui peut être varié à volonté, détermine donc la résistance qu'on veut opposer à l'effort de l'animal; ainsi, en supposant qu'on ait limité ce poids à 20 livres, et qu'un bâton vienne à tomber dans l'engrenage du pignon, il s'en suivra que, par l'effort de l'ani-

mal, la machine sera brisée sans ce mécanisme; mais comme l'effort excédera nécessairement le poids qui sert de régulateur, l'arbre 5 sera forcé de décrire un quart de cercle; les pitons ayant quitté alors leur position verticale, les extrémités des traits qui s'y trouvaient accrochés s'échappent, l'animal est libre, et le mécanisme n'éprouve aucun dommage. Ce moyen sert aussi à empêcher que les animaux employés à faire mouvoir la machine, ne fassent des efforts au-delà des limites qu'on est toujours maître de fixer en ajustant le contre-poids.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Frein pour arrêter une roue.* Pl. XXXI, fig. 5.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Poulie à frein de M.* Fyol.

887. (*a*) Cette poulie est construite de manière qu'on peut par son moyen élever un fardeau sans que pour cela, ni la corde puisse glisser, ni la poulie tourner indépendamment d'elle, de sorte que le fardeau reste suspendu sans aucun danger.

Le corps de la poulie est un cylindre fixé sur un arbre qui porte deux pivots. Sur cet arbre, entre de chaque côté un petit plateau du diamètre nécessaire pour former au-dessus du cylindre, une gorge dont les rebords aient une hauteur suffisante pour bien contenir la corde. Ces deux plateaux sont bombés du côté opposé à la surface par laquelle ils s'appliquent au cylindre, et d'une épaisseur convenable. Ils ont des entailles qui, partant d'une certaine distance du centre, vont se rendre à la circonférence. Enfin ils sont garnis à leur surface interne de rugosités pour mieux saisir la corde. Une espèce de fourche attachée au haut de la chape, et mobile sur des pivots, est continuellement pressée par un ressort contre les deux petits plateaux, de

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 10.

manière que chacune de ses dents ou extrémités s'engage dans les entailles des plateaux. Ceci bien entendu, on conçoit que, quand on tire la corde dans le sens ordinaire, la fourche ne fait aucun obstacle au mouvement de la poulie; mais, à l'instant où on la lâche, la fourche pressant par l'effet du ressort contre les plateaux qui sont bombés, et serrant par ce moyen la corde dans cette gorge artificielle, elle l'empêche de glisser, tandis que la poulie elle-même est arrêtée par les dents de la fourche, qui s'engagent dans les entailles de ces plateaux. Il y a un levier qui sert, dans l'occasion, à soulever les ressorts pour en empêcher l'action.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Poulie à frein excentrique*. Pl. XXXI, fig. 13.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Roue dentée à freins extérieurs*. Pl. XXXI, fig 9.

888. Deux freins *a*, *a* pressés par des ressorts réacteurs *b b* s'appliquent aux faces latérales de la roue qu'ils arrêtent toutes les fois qu'ils sont lâchés.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Roue dentée à freins intérieurs*. Pl. XXXI, fig. 6 et 7.

889. L'axe de la roue porte un levier *a a*, qui peut tourner librement; à ce levier sont adaptés les deux freins *b*, *b*, contre-butés par les ressorts *d*, *d*. On conçoit que, si l'on fait tourner ce levier dans un sens, les freins seront bandés et la roue s'arrêtera; au contraire, s'il tourne dans le sens inverse, les freins laisseront mouvoir la roue.

GENRE DEUXIÈME. — Limitateurs.

890. Les limitateurs servent aux usages suivans: 1°. ils augmentent ou diminuent la grandeur d'un organe suivant le besoin; 2°. ils limitent l'étendue des oscillations dans les mouvemens alternatifs; 3°. ils font varier la vitesse ou bien la force d'une machine.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Limitateurs qui font varier les dimensions d'un organe.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Poulie à périphérie changeante au moyen d'un engrenage.* Pl. XXVI, fig. 11 et 12.

891. Soient les parties *a a a*, etc, qui déterminent cette périphérie ; chacune d'elles est garnie d'un écrou. Tous les écrous sont traversés par des vis semblables *b*, *b*, *b*, etc. auxquelles sont adaptés les pignons *d*, *d*, *d*, etc. Il est évident que, si les pignons engrènent en même temps avec une roue dentée, le mouvement de cette roue (qui n'est point indiquée dans la figure) fera avancer et reculer les parties *a*, *a*, *a*, de manière que la circonférence dans laquelle ils sont placés diminuera ou augmentera de grandeur, suivant qu'elle s'approchera ou qu'elle s'éloignera du centre.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Poulie à périphérie changeante au moyen de deux plateaux à rainures.* Pl. XXVI, fig. 9 et 10.

892. Que l'on suppose deux plateaux parallèles, dont l'un soit percé d'une rainure spirale *a*, *a*, *a*, *a*, *a*, et le second de plusieurs rainures rectilignes *b*, *b*, *b*, *b*, *b*, *b*. Il est evident que si de petits cylindres sont placés dans les intersections des rainures des deux plateaux, tous ces cylindres s'éloigneront ou se rapprocheront du centre des plateaux d'une même quantité en faisant tourner l'un d'eux. Que l'on suppose maintenant que ces cylindres portent des coudes dans la direction des rayons dont la longueur soit telle que les extrémités, *n*, *n*, *n*, *n*, *n* se terminent dans la circonférence d'un cercle dont le centre soit le même que celui de la plaque ; on concevra clairement que les extrémités de ces coudes, soit qu'ils s'approchent, soit qu'ils s'éloignent du centre, se trouveront toujours dans la circonférence d'un cercle concentrique au premier. Tel est le mécanisme in-

génieux que les Anglais ont adopté pour les tours et autres machines dans lesquelles on veut changer le rapport de la puissance à la résistance, selon le besoin, et cela presque instantanément.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Limitateurs qui règlent l'étendue des vibrations dans les mouvemens alternatifs,*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Au moyen d'une simple vis.* Pl. XX, fig. 20.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Au moyen de deux plaques à vis.* Pl. XX, fig. 16 et 17. *Profil et face.*

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Au moyen d'un ressort réacteur bandé par une vis.* Pl. XIII, fig. 13.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Limitateurs qui règlent la vitesse ou la force d'une machine.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Limitateurs de la force d'une machine à vapeur.*

893. Dans une machine à vapeur, il est bien difficile, pour ne pas dire impossible, que le chauffeur règle toujours si parfaitement son feu, que la vapeur se trouve toujours au même degré de température; un homme imprudent on maladroit pourrait pousser la chaleur de manière à donner au balancier, au volant et aux autres pièces que la machine met en mouvement, une vitesse telle, qu'il pourrait en résulter des accidens très-graves : il faut donc que la machine porte en elle-même un moyen spontané de modérer la vitesse, ou de faire en sorte qu'elle n'aille pas au-delà de certaines limites, quelle que soit l'action du feu.

894. L'expédient auquel on s'est principalement attaché pour remplir cette condition, a été de raleutir plus ou moins la rapidité de la condensation : un tel expédient remplit évidemment son objet : car on conçoit aisément que si, lorsque la vapeur

affluant de la chaudière vient presser un des côtés du piston du cylindre à vapeur, la condensation ne se fait pas sur-le-champ; de l'autre côté, il y aura une réaction qui contre-balancera, en tout ou en partie, l'action de la vapeur pendant tout le temps que le vide tardera à se faire.

895. On a deux procédés immédiats pour ralentir la condensation; l'un (Voy. fig. 1, Pl. VIII) consiste à diminuer la quantité d'eau réfrigérante introduite dans le cendenseur, en fermant plus ou moins la soupape d'immission au moyen d'un écrou; l'autre, qui est préférable, se réduit à régler la quantité de vapeur qui va à la condensation dans un temps donné, en fermant plus ou moins la soupape à vapeur, l'ouverture de la précédente restant toujours la même. Pour donner à ce procédé toute la perfection désirable, on a imaginé un mécanisme tel, que la soupape s'ouvrît ou se fermât spontanément suivant le besoin par l'effet même de la machine et sans le secours d'aucun agent étranger: voici en quoi consiste ce mécanisme, représenté fig. 10, (Pl. XXXI).

896. On place une petite bâche au-dessus de la grande bâche. Une petite pompe, dont la tige est attachée à la poutrelle du régulateur, verse de l'eau dans la petite bâche. La quantité d'eau versée est évidemment proportionnelle au nombre d'oscillations faites par le balancier dans le même temps, et par conséquent à la vitesse de la machine en général. On voit dans la bâche une petite planche ou cloison inclinée qui sépare l'espace dans lequel tombe l'eau de la pompe de celui dans lequel nage la lentille, afin que l'eau renfermée dans ce dernier espace soit moins agitée. *a a*, est une lentille creuse de métal, qui flotte sur l'eau contenue dans la bâche; à cette lentille est attachée un levier courbe *d c b*, qui tourne autour de l'axe *c*; l'extrémité de la branche *c d* entre dans une entaille pratiquée à la queue de la soupape,

au moyen de quoi cette soupape s'élève lorsque la lentille *a a* s'abaisse, et réciproquement; *f g h* est un siphon qui traverse la lentille *a a*, dont une des extrémités plonge dans l'eau de la petite bâche, et l'autre dans l'eau de la grande. Ce siphon peut se fermer par un robinet en K, lequel robinet peut aussi être seulement employé à modérer la quantité d'eau qui s'écoule.

897. D'après cela, l'élévation de la surface supérieure de l'eau sera constante ou variable selon que la quantité d'eau fournie par la pompe sera ou ne sera pas égale à la quantité d'eau enlevée par le siphon; l'écoulement de ce siphon est uniforme, puisque sa vitesse dépend de la pression de l'atmosphère; ainsi, c'est uniquement la plus ou moins grande fourniture de la pompe qui fera hausser ou baisser la lentille *a a*, et par conséquent la soupape. Lorsque la machine ira trop vite, soit par une diminution de résistance, soit par une plus grande activité du chauffage, la pompe fournira plus d'eau que le siphon n'en enlèvera; mais alors l'élévation de la lentille *a a* fera abaisser la soupape, la condensation sera ralentie, et de suite le mouvement de la machine; au contraire, si une augmentation de résistance exigeait plus d'effort, le nombre des coups de piston de la pompe diminuerait d'abord; mais alors l'eau baissant, la soupape s'ouvrirait davantage et accélérerait la condensation. Ceci suppose cependant, qu'avant l'augmentation de la résistance il y aurait eu une perte d'effet dans la machine, ce qu'il faut éviter en général. Il faut que dans l'état habituel, les soupapes aient l'ouverture nécessaire pour produire tout l'effet possible.

898. Ainsi, pour avoir un modérateur exact, il faut d'abord connaître le nombre d'oscillations que le balancier doit faire dans un temps donné. Supposons qu'il en fasse 15 par minute; on aura une pompe et un siphon de dimensions telles

que quinze coups de la pompe fournissent autant d'eau par minute que le siphon en enlèvera dans le même temps. La quantité primitive d'eau mise dans la bâche sera assez grande pour que la soupape ait l'ouverture convenable, et alors on sera sûr que cette ouverture restera constamment la même, ou que si elle éprouve une augmentation momentanée, elle reviendra promptement à son premier état.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Pendule conique de* Watt. Pl. XXVII, fig. 4.

899. La partie *d* se meut librement le long de l'axe tournant *a b*. — Deux poids *p p* communiquent avec la partie *d*, au moyen des tringles à charnière *m m*, lesquelles sont mobiles en *o o* et en *x x*. A mesure que le mouvement de l'axe *a b* augmente ou diminue, les poids *p p* s'éloignent ou s'approchent de ce même axe en vertu de la force centrifuge, et la partie *d* monte ou descend verticalement.

On a employé ce régulateur pour ouvrir plus ou moins le robinet par lequel la vapeur est introduite dans plusieurs machines à vapeur. J'ai proposé de l'employer pour régler le mouvement du belier moteur (185).

GENRE TROISIÈME. — Des directeurs proprement dits.

900. J'ai réservé le nom de *directeurs* proprement dits, aux régulateurs qui, sans altérer l'uniformité de mouvement d'une machine, dirigent le mouvement d'une partie déterminée, de manière qu'il soit variable suivant une loi déterminée, tel est le mécanisme employé dans les horloges à équation.

Horloges à équation. Pl. XXX, fig. 2.

901. (*a*) Les horloges et les montres ne peuvent diviser et marquer naturellement que le temps égal, uniforme, appelé

(*a*) Berthoud, *Histoire de la mesure du temps.*

temps moyen, tandis que le soleil, qui est notre règle, ne mesure, par ses révolutions journalières, qu'un temps inégal, mais dont l'inégalité se répète tous les ans aux mêmes époques, sensiblement de la même manière. On a donc cherché à inventer un mécanisme qui, appliqué à l'horloge, imitât et suivît les variations reconnues dans le mouvement du soleil. C'est à cette espèce d'horloge que l'on a donné le nom d'*horloges à équation*. Ces machines sont disposées de manière que l'aiguille ordinaire des minutes marque le temps égal ou naturel de l'horloge, pendant qu'une seconde aiguille des minutes, adaptée à cet effet à l'horloge, indique le temps vrai ou apparent du soleil. Ainsi, une telle machine indique à chaque instant la différence du temps vrai au temps moyen marquée par les *tables d'équation*, que les astronomes ont dressées de ces différences.

902. On connaît plusieurs variétés d'horloges à équation, parmi lesquelles on distingue celles imaginées par *Sully*, par le P. *Alexandre*, celle à cadran mobile, par *Le Bon*, celle de *Julien-Le-Roy*, de *Enderlin*, et plusieurs autres. Celle de *Berthoud*, est remarquable par sa simplicité (Pl. XXX, fig. 2). Si l'on conçoit qu'au centre du grand cadran d'une montre ordinaire, on ajoute un cercle divisé en soixante parties, et gradué comme le cercle des minutes du grand cadran, et que ce cercle concentrique soit mobile, tandis que le grand cadran reste fixe, et qu'enfin, on attache sur l'aiguille des minutes une autre aiguille ou *index* diamétralement opposée, et de longueur propre à répondre aux divisions du cercle mobile, on voit que, selon que l'on fera tourner en avant ou en arrière le cadran mobile, la petite aiguille, dont le mouvement est uniforme, pourra cependant indiquer le temps vrai, et cela par un moyen très-simple, puisqu'il suffira de régler le chemin du cadran mobile selon les quantités indiquées par les tables de l'équation du temps.

903. La fig. 2, représente l'intérieur de la fausse plaque qui porte les cadrans; c'est dans cette plaque que sont ajustées les pièces qui forment l'équation. A, est la roue annuelle qui a cent quarante-six dents fendues à rochet, mise immédiatement sous la platine de la *bâte* qui porte les cadrans; elle tourne sur un canon réservé au fond de la bâte. La courbe B est attachée sur la roue annuelle; la courbe fait mouvoir le rateau H E qui engrène dans le pignon C; celui-ci est porté par un canon qui passe dans l'intérieur du canon de la bâte; sur le canon du pignon est ajusté, en dehors de la bâte, le cadran du temps vrai. Ainsi, on voit qu'en faisant mouvoir la roue annuelle, ce cadran doit nécessairement tourner, tantôt en avant et tantôt en rétrogradant, suivant qu'il y est obligé par les différens diamètres de la courbe, ce qui produit naturellement les variations du soleil.

904. Le ressort G sert à presser continuellement le rateau H contre la courbe. Pour cet effet, le bout F de ce rateau porte une cheville qui appuie sur le bord de la courbe.

905. La fig. 12 (Pl. XXII) représente une quadrature à équation, inventée par un vicaire de Saint-Cyr (*a*).

La roue annuelle A porte une courbe d'équation B C D; sur la largeur de cette courbe est pratiquée une gouttière parallèle au bord de la courbe; dans cette gouttière coule un bouton E adapté à la pièce E F, mobile au point F; ce bouton E tient encore à une seconde pièce E G attachée au canon H, qui porte l'aiguille des minutes I, de manière qu'elle suit les vibrations de la courbe dans plus de la moitié de la circonférence du cadran des minutes, ce qui est suffisant pour marquer les variations indiquées par l'équation.

906. La fig. 13 (Pl. XXII) représente un autre méca-

(*a*) Machines approuvées par l'Académie, tome 4.

nisme analogue, employé par M. *Breguet*. La plaque A A A A retenue par quatre vis, est évidée en forme de courbe d'équation. — Une plaque *g g*, ayant son centre de mouvement en *a*, porte une bascule dont le centre est en *b* : ses deux extrémités *c* et *d* s'appuient, l'une *c* contre les bords de la courbe, l'autre *d* sur la prolongation *e* d'un indicateur ou aiguille *f*, qui a même centre de rotation que la plaque *g g*. La prolongation de cette aiguille est maintenue contre l'extrémité *d* de la bascule, au moyen d'un ressort *h* établi par une vis sur la plaque *g g*; l'aiguille I est fixée et concentrique à la même plaque.

Le système mobile est emporté par la plaque *g g*, qui fait une révolution complète en un an. Quand le levier *c* s'appuie sur la partie de la courbe la plus éloignée du centre, l'aiguille *f* se trouve alors précéder celle I d'un certain nombre de divisions. Cette différence de mouvement est produite par le levier *c b d*, qui s'appuie sur la courbe de la plaque A A A A.

CHAPITRE III.

Des correcteurs.

907. Je distingue deux genres de correcteurs, ceux qui diminuent les résistances produites par les frottemens, et ceux qui, dans les tractions, maintiennent la perpendicularité.

GENRE PREMIER. — Correcteurs qui diminuent les frottemens.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Flotteurs*. Pl. XXXI, fig. 14.

908. M. *Gaston de Thiville*, réfléchissant qu'en transportant sur un fluide quelconque, la totalité du poids d'une machine, on fera disparaître la pression provenant de sa pesan-

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 22.

teur, et par conséquent le frottement qu'elle occasione et la résistance au mouvement qui en est la suite, proposa d'adater aux axes des grandes roues, des cylindres creux qui, immergés, déplaceraient un volume d'eau égal au poids de la roue. R est la roue. — *m*, *n*, les deux cylindres traversés par les tourillons A B auxquels ils sont fixés. Les cylindres *m n*, sont placés dans deux caisses remplies d'eau, et disposés de telle manière, que les tourillons A et B communiquent dans l'intérieur de la caisse par une lunette assez juste pour ne laisser échapper que le moins d'eau possible, mais cependant pas trop juste, afin que le mouvement de rotation ne soit pas gêné; à cet effet, on adapte au trou que l'axe traverse, une pièce de cuir. La roue ainsi disposée, sera soutenue par les deux cylindres flottans, mais cependant elle sera contenue par les deux pivots *x*, *y*, engagés dans une crapaudine fixée dans l'épaisseur du bois de la caisse, pour empêcher que la roue ne varie dans son mouvement de rotation; de cette manière, les supports de la roue se trouveront soulagés du poids qui les surchargeait, et le frottement dépendant de cette cause sera presque anéanti. La fig. 22 (Pl. XXXI) indique un support à roulettes tournantes pour diminuer le frottement; la fig. 14 (Pl. XXII) une lanterne à fuseaux creux remplis de graisse et percés pour lubrifier continuellement l'engrenage.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Correcteurs qui maintiennent la perpendiculaire de traction.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. *Correcteur des tractions qui partent d'un même point.* Pl. XX, fig. 15.

909. J'ai imaginé d'adapter au cordon des sonnettes à tiraudes, un grand cercle *a a*. Ce cercle a la propriété de donner des directions parallèles aux cordes 1, 2, 3, 4, 5, etc., qui

partent toutes du point *b*. Par cette méthode très-simple, on évite la divergence de toutes ces cordes, divergence qui consomme dans les sonnettes ordinaires, en pure perte, une notable portion de la force active. Ce moyen a été mis en exécution, avec beaucoup de succès, dans les travaux qui me furent confiés.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Cordes directrices pour conserver le parallélisme à un chariot mobile en ligne directe.*

910. La méthode indiquée (Pl. XXI, fig. 16) est employée dans quelques *mull-gennys*. Le chariot B supporte un système de fuseaux; les extrémités *n* et *q* d'une corde, sont attachées à des points fixes et passent sur deux poulies *a* et *b*. De même, les extrémités *r* et *u* d'une seconde corde, sont attachées à deux autres points fixes *q* et *n*, et passent sur deux poulies placées sur le même axe que les premières. Les points *u*, *q*, *n*, *r*, doivent être situés de manière que les lignes *u q* et *n r* soient parfaitement parallèles, et les cordes également tendues; le chariot B, dans sa position primitive, doit se trouver perpendiculaire aux lignes *u q* et *n r*.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Correcteur par M.* Bonesnel. Pl. XXXI, fig. 15 et 16.

911. M. *Bonesnel* a imaginé un moyen fort simple de faire suivre aux poulies de renvoi le mouvement de la corde sur le tambour où elle s'enroule; pour cet effet, il a placé les poulies sur des potences mobiles; par ce moyen, il est facile de voir que, dans le mouvement de la corde sur le tambour, la poulie, et la corde se placeront toujours dans des plans verticaux passant par les centres de rotation de la potence, en sorte que cette poulie, et par suite tous les points de la partie verticale de la corde, décriront un arc de cercle qui aura, en son milieu, pour tangente, une ligne parallèle au mouvement de la corde.

LIVRE SIXIÈME.

Des opérateurs.

912. Il existe cinq classes d'opérateurs, 1°. opérateurs qui agissent par locomotion; 2°. par pression; 3°. par frottement; 4°. par percussion; 5°. par séparation.

CHAPITRE PREMIER.

Des opérateurs par locomotion.

913. Les opérateurs par locomotion sont de quatre genres; les uns agissent sur l'air ou sur les fluides aériformes, les seconds sur les liquides, les troisièmes sur des substances peu adhérentes, les derniers sur les corps solides.

ORDRE SIXIÈME. — *OPÉRATEURS.*

CLASSE PREMIÈRE. — PAR LOCOMOTION.

GENRE PREMIER. — Opérateurs locomobiles agissant sur l'air.

Machines soufflantes.

914. Nous suivrons, pour les machines soufflantes, la classification adoptée par M. *Hassenfratz* dans la sidérotechnie, et nous les distribuerons en deux espèces, les trompes et les soufflets.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Trompes.* Pl. XXIX, fig. 18.

915. Les trompes, en général, sont composées d'un long tuyau vertical, qui communique dans sa partie supérieure *a*, à un courant d'eau, et dans sa partie inférieure à une caisse *b*.

L'ouverture supérieure du tuyau doit être disposée de manière que l'eau qui y entre soit mélangée d'air, afin que celui-ci, en-

traîné par le liquide, tombe avec lui dans la caisse où ces deux fluides peuvent, par leur différence de densité, se séparer et s'échapper par deux sorties différentes *c d*.

On doit pratiquer, à cet effet, une ou plusieurs ouvertures dans la partie inférieure *c* de la caisse, pour donner issue à l'eau plus pesante, et une autre à sa partie supérieure *d*, pour donner issue à l'air plus léger.

Les ouvertures inférieures peuvent être bouchées par une petite vanne que l'on ouvre et que l'on ferme plus ou moins, relativement à la quantité d'eau qui doit sortir : il faut avoir l'attention de maintenir toujours le niveau intérieur de l'eau au-dessus de l'ouverture, afin que l'air intérieur soit retenu dans la caisse et ne puisse s'échapper que par l'ouverture supérieure.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Trompes de* Mariotte. Pl. XXIX, fig. 17.

916. On a un tuyau de bois ou de fer-blanc F, de 14 à 15 pieds de haut et d'un pied de diamètre, qui est soudé dans une médiocre cuve renversée *b*, dont le bas est posé sur le terrain, en sorte que la quantité d'eau qui y tombe, quelque petite qu'elle soit, ferme les ouvertures *c*, et l'air n'y peut plus passer : on laisse au haut du tuyau une ouverture *a* de 3 ou 4 pouces de diamètre dans laquelle on met un entonnoir dont le goulot est de la même grosseur ; on y fait tomber de 15, 20 ou 30 pieds de haut de l'eau de quelques fontaines, dont la largeur en tombant doit être à peu près égale à celle de l'ouverture de l'entonnoir, en sorte qu'il ne peut s'y amasser d'eau qu'à la hauteur de 5 à 6 pouces. Cette eau en tombant entraîne avec elle beaucoup d'air qui la suit jusqu'au dessous de l'entonnoir, à cause de la pesanteur de l'eau qui continue à tomber, et de la vitesse de son mouvement. On met à côté de la cuve un tuyau *d* qui va en se rétrécissant jusqu'auprès du fond du fourneau où le charbon

doit être soufflé. L'air, pressé et enfermé dans la cuve, ne pouvant sortir par en haut, à cause de la chute impétueuse de l'eau qui s'y amasse, est contraint de sortir avec une grande force par le bout du canal, de manière qu'il fait le même effet, pour souffler le charbon, que les plus grands soufflets de cuir (*a*).

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Trompes des Pyrénées*. Pl. XXIX, fig. 16 et 21.

917. L'eau entre dans le tuyau G (fig. 21) par une espèce d'entonnoir *a* en forme de pyramide; mais celui-ci étant toujours plein, et l'eau n'y ayant aucun des mouvemens qui lui permettent d'entraîner de l'air avec elle, arrive dans le tuyau en ne contenant qu'une très-petite quantité de fluide élastique. Pour fournir au liquide qui coule dans le canal assez d'air pour que la trompe puisse être employée comme machine soufflante, on pratique aux deux côtés de l'entonnoir par lesquels l'eau arrive dans le tuyau, deux autres *trompilles e*, *t*, ou *trémies*, dont les ouvertures s'élèvent au-dessus du niveau de l'eau. C'est par ces ouvertures que l'air arrive dans l'espace vide que l'eau forme dans le tuyau en y entrant, et cette portion d'air qui touche immédiatement le courant d'eau est entraînée avec lui, pour être ensuite précipitée dans le réservoir, d'où elle s'échappe pour aller entretenir la combustion dans les lieux où elle est dirigée.

918. La fig. 16 représente une élévation générale d'une trompe des Pyrénées. — *e*, canal qui fournit l'eau. — *a*, *a*, tuyaux par lesquels elle tombe. — *p p*, poteaux qui soutiennent le canal. — *v*, vanne qui facilite la sortie de l'eau, et la maintient au-dessus de son niveau intérieur.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Trompe des Alpes*. Pl. XXIX, fig. 19, 20 et 22.

919. Ces trompes ont un long entonnoir *g* (fig. 20), placé

(*a*) *Traité du mouvement des eaux* de Mariotte.

à leur ouverture supérieure, par lequel l'eau entre, comme dans ceux des Pyrénées sans tourbillons : aussi place-t-on à l'extrémité de l'entonnoir, dans l'endroit où la veine fluide se contracte en entrant dans le tuyau, des ouvertures *e* et *f* auxquelles on a donné le nom de *trompillons*, et par lesquels l'air arrive pour être entraîné par l'eau dans sa marche.

La fig. 19 est une projection verticale des trompes de cette espèce; la fig. 20 en est une projection horizontale. *a a*, tuyaux. —C, canal fournissant l'eau qui tombe dans les tuyaux.—Z, Z extérieur des caisses. —*v*, *v*, *v*, petites vannes pour la sortie de l'eau des caisses.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Soufflets.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Outres.*

920. Elles sont formées de peaux de chèvre ou de bouc, souples et flexibles, qui ont deux ouvertures; à l'une est fixée une buse; l'ouvrier qui se sert de ce soufflet saisit les bords de l'autre ouverture avec une main qu'il serre plus ou moins fortement, selon qu'il veut la fermer ou l'ouvrir, pour empêcher la sortie de l'air ou en permettre l'entrée dans l'intérieur.

Pour activer le feu avec ces soufflets, on pose la buse dans le foyer; alors l'ouvrier tenant la partie supérieure de l'une de ces outres dans chaque main, il la rapproche ou l'écarte alternativement de la buse, ayant soin toujours de fermer cette ouverture, lorsqu'il la pousse vers le bas, afin de comprimer l'air, et de le forcer à sortir par la buse; il doit ensuite entr'ouvrir la main lorsqu'il l'élève, afin qu'il puisse entrer par l'ouverture supérieure, de nouvel air, pour être lancé dans le foyer, pendant le mouvement descendant qui rapproche la main de la buse, et qui comprime l'air contenu dans l'outre.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflet conique.* Pl. XXIX, fig. 6.

921. La buse est attachée sur le plan fixe *b*, et le plan mobile *a* porte une soupape *c*.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets à prisme quadrangulaire.* Pl. XXIX, fig. 13.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets en forme de coin à parois mobiles de cuir.* Pl. XXIX, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 et 10.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets en forme de coin à parois mobiles en bois.* Pl. XXIX, fig. 7.

922. Les parois mobiles sont formées de petits ais ou de petites planches de bois fort minces *b*, *b*, *b*, réunies les unes aux autres par leurs arètes et retenues par des bandes de peaux *a*, *a*, *a*, qui leur permettent d'avoir un mouvement d'articulation ou une sorte d'oscillation, à l'aide de laquelle les deux plans peuvent être éloignés et rapprochés alternativement.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets à deux soupapes.* Pl. XXIX, fig. 8.

923. Les soufflets à parois flexibles qui n'ont qu'une seule soupape ont l'inconvénient de produire un jet d'air intermittent. Pour le rendre continu, on a imaginé le soufflet à trois diaphragmes et à deux soupapes. Le diaphragme du milieu *a* est immobile; il est fixé sur la têtière *b*, qui est percée d'une ouverture, recouverte d'une soupape; les deux autres plans inférieurs ou supérieurs sont mobiles; le premier *d* est percé comme le diaphragme du milieu, d'une ouverture *e* couverte d'une soupape; c'est dans la partie de la têtière, placée entre le diaphragme du milieu et le plan supérieur, qu'est l'ouverture *f* par laquelle l'air sort, et sur laquelle la buse est fixée.

En écartant le diaphragme inférieur *d* de celui du milieu *a*, on augmente l'espace qui les sépare; l'air dilaté presse moins sur la soupape inférieure *e*, l'air extérieur entre et remplit le vide

formé. En rapprochant le diaphragme inférieur *d* de celui du milieu, l'air contenu dans cet espace est comprimé ; il soulève la soupape du milieu *c*, et passe dans l'espace supérieur qui sépare le diaphragme du milieu du plan supérieur : comme l'air qui entre dans ce second espace est plus comprimé que l'air extérieur, il soulève le plan supérieur *g*, et augmente ainsi son volume. En écartant de nouveau le diaphragme inférieur, on dilate l'air contenu dans cet espace ; celui de l'espace supérieur, étant plus dense, presse sur la soupape intermédiaire *c*, et la ferme. L'air ainsi contenu dans l'espace supérieur, et qui est comprimé par le poids du plan supérieur, est obligé de sortir par l'ouverture *f* de la buse, qui communique à cet espace. Ainsi l'air commence à sortir depuis le moment où, comprimé dans l'espace inférieur, il entre dans celui qui est placé au-dessus, et il continue sa sortie tant que le plan supérieur presse l'air qui est soumis à son action : or, comme ce plan continue son mouvement pendant tout le temps que le diaphragme inférieur aspire de l'air atmosphérique, et qu'il le comprime ensuite pour le faire entrer dans l'espace supérieur, il s'ensuit que l'air sort de la buse en un jet continu.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets à parois inflexibles mues dans l'eau.* Pl. XXIX, fig. 11 et 12.

924. Les machines soufflantes à parois inflexibles, sont en général composées de deux caisses qui se meuvent l'une dans l'autre, ou d'un piston qui se meut dans une caisse. Le mouvement de la caisse ou du piston doit être produit de manière que l'air dilaté ou comprimé ne puisse entrer et sortir par d'autres ouvertures que par la soupape et la buse. On obtient cet effet par deux constructions différentes. Dans les unes, le mouvement s'exécute dans l'eau, et dans les autres, les surfaces du piston

et des parois de la caisse joignent si exactement par le moyen de ressorts, que l'air ne peut trouver aucune issue entre elles.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Machine soufflante mue dans l'eau.* Pl. XXIX, fig. 30.

925. Elle est composée de deux caisses; la première *a*, qui est extérieure pleine d'eau, est fixe; la seconde *b*, qui est intérieure, est vide et mobile. Dans la première sont deux tuyaux *c*, *d*; l'un *d* est recouvert d'une soupape pour donner issue à l'air aspiré; l'autre *c* est entièrement ouvert pour donner passage à l'air expiré; la seconde caisse *b* est suspendue à un mécanisme qui l'élève et l'abaisse. En l'élevant, l'air qu'elle contient se raréfie, et l'air extérieur soulève la soupape *d* pour remplir le vide; en l'abaissant, l'air intérieur est comprimé, il ferme la soupape et s'échappe par le porte-vent.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Autre machine soufflante mue dans l'eau, par* John Laurie. Pl. XXXII, fig. 1 (*a*).

926. Elle est composée d'une caisse *a* qui se meut dans une autre *b*. Celle-ci a son intérieur rempli par un massif qui contient trois tuyaux, deux qui servent d'entrée à l'air et qui ont des soupapes; le troisième *c*, qui communique daus une nouvelle caisse *d* pleine d'eau, fait l'office de régulateur.

Une semblable machine fut exécutée dans les mines du Harz pour aérer les galeries.

DIXIÈME VARIÉTÉ. — *Autre machine soufflante mue dans l'eau, par M.* Baader. Pl. XXIX, fig. 26.

927. Elle est également composée d'une caisse extérieure *a* qui contient l'air et l'eau, et d'une caisse mobile *b* qui aspire et comprime l'air, par ses mouvemens ascendans et descendans.

(*a*) *Annales des arts et manufactures*, tome 15.

Une soupape d'aspiration *c* admet l'air dans la caisse *a* lorsque celui qui y est contenu a été dilaté par l'élévation de la caisse *b*, et l'ouverture d'expiration *d* permet la sortie de l'air lorsqu'il a été comprimé par la caisse en descendant. — *e*, est une soupape de sûreté pour la sortie de l'air lorsqu'il est trop comprimé, et pour la sortie de l'eau qui pourrait être entrée dans le porte-vent *p*. — *f*, est l'ouverture par laquelle on fait entrer l'eau dans la caisse *a*. — *g*, est une ouverture de sortie de l'eau, lorsqu'on vide la caisse.

ONZIÈME VARIÉTÉ. — *Machine soufflante à tuyau flexible.* Pl. XXXII, fig. 3.

928. Cette machine soufflante est composée d'une caisse placée dans un grand réservoir. — *a*, est cette caisse mobile. — *b*, tuyau d'aspiration. — *d*, porte-vent flexible qu'on peut construire en cuir. — *e*, soupape d'expiration. — *c*, soupape d'aspiration.

DOUZIÈME VARIÉTÉ. — *Machines soufflantes à parois inflexibles et à frottemens.*

929. Dans ces sortes de machines, il faut que le piston ou la caisse mobile joigne parfaitement avec les parois de la caisse fixe pendant toute la durée du mouvement, et qu'il ne se forme aucun vide entre la surface frottante et la surface frottée; mais comme ces surfaces s'usent nécessairement par la continuation du mouvement, et qu'au bout d'un temps la surface frottante ne remplirait pas exactement l'espace vide de la surface frottée, on ajoute, sur les bords de la surface frottante, des liteaux comprimés par des ressorts (Voyez fig. 9, Pl. XXIX). Ce sont des bandes de bois recouvertes de peaux qui forment les surfaces frottantes, et que les ressorts retiennent continuellement en contact avec la surface frottée.

TREIZIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflet de bois*. Pl. XXIX, fig. 14 et 15.

930. Il est composé de deux caisses, l'une est plate et fixe *a*; on lui donne le nom de *giste*. C'est sur cette caisse qu'est fixée la têtière *c*, et qu'on attache les liteaux *l* avec les ressorts qui les compriment. La seconde caisse *b* se nomme *volant*; celle-ci est mobile sur une espèce de charnière : un boulon fixé dans la têtière sert d'axe d'oscillation au volant. La soupape ou âme *s*, est appliquée au giste ou au volant, selon que celui-ci est placé dans la partie inférieure ou supérieure, avec cette observation cependant qu'elle est toujours fixée à la caisse inférienre mobile ou fixe. Dans les grosses forges, le giste ou caisse fixe a ordinairement 15 pieds de longueur sur 5 de large vers la tête *m*, et 18 pouces vers la têtière *c*. Cette têtière a 18 pouces de long sur 1 pied de large à son extrémité; enfin, cette caisse a 5 ou 6 pouces de profondeur : quant au volant, ses dimensions sont telles, qu'il puisse contenir exactement le giste, et avoir un mouvement d'oscillation de 20 à 25 pouces de haut (*a*). Ces soufflets peuvent produire un courant d'air de 140 pieds cubes par minute, en employant 81 pieds cubes d'eau, dont la chute est de 10 pieds.

QUATORZIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets cylindriques*. Pl. XXIX, fig. 24, 28 et 29.

931. Ces sortes de machines sont composées d'un grand cylindre de fonte *a* de trois à huit pieds de diamètre, et de six à neuf pieds de haut. Ces cylindres sont allésés et calibrés aussi exactement qu'il est possible : un piston *b* de fonte de fer se meut dans leur intérieur; il est environné de cuirs graissés ou huilés, pour remplir exactement le contour. Les pistons peu-

(*a*) *Journal des Mines*, tome 7.

vent être mus de bas en haut (fig. 24 et 29), ou de haut en bas (fig. 28). Dans le premier cas, le piston contient deux grandes ouvertures *c c*, sur lesquelles sont deux soupapes qui donnent entrée à l'air aspiré : et dans le haut du cylindre est ajustée une boîte, qui recouvre une soupape donnant issue à l'air expiré; cette boîte communique au porte-vent qui conduit l'air expiré dans le fourneau. Lorsque les pistons se meuvent de haut en bas (fig. 28), les deux soupapes d'aspiration et d'expiration sont dans le fond inférieur du cylindre *c*; la seconde *d* est dans une caisse placée près de l'ouverture d'expiration, et de laquelle l'air est dirigé dans le porte-vent pour être conduit aux fourneaux.

QUINZIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets en bois à caisse quadrangulaire.* Pl. XXIX, fig. 27.

932. Ils sont composés de deux caisses *a*, *a*, correspondant à un réservoir placé dans la partie supérieure. Deux pistons se meuvent alternativement dans les caisses *a*, *a*; ils sont construits et opèrent de la même manière que celui de la fig. 29.

SEIZIÈME VARIÉTÉ. — *Soufflets en marbre.* Pl. XXIX, fig. 23.

933. Les caisses ont la forme d'un prisme quadrangulaire, et sont composées de cinq dalles bien dressées et polies. Quatre forment les parois, et la cinquième le fond; elles sont retenues par des bandes de fer qui les entourent, et les joints sont fermés par du mastic. Le fond est percé pour donner issue à l'air expiré; le piston est en bois garni de cuir.

Les machines soufflantes ordinaires ne produisent qu'un jet d'air alternatif; on a donc imaginé des mécanismes pour obtenir un jet continu auxquels on a donné le nom de *régulateurs*.

Régulateurs à frottement. Pl. XXXII, fig. 5 et 6.

934. Ces régulateurs que l'on ajoute aux machines soufflantes à parois inflexibles que nous venons de décrire, sont composés d'une caisse cylindrique ou carrée *a*, dans laquelle est placé un piston *b* chargé d'un poids qui exerce en descendant une pression constante et uniforme.

935. Celui représenté fig. 5 est un grand cylindre de fonte isolé, qui communique à la machine soufflante par un tuyau *c* par où l'air entre dans le régulateur; en arrivant, il ouvre une soupape pour entrer; il soulève le piston pour occuper tout l'espace qui lui est nécessaire. L'air en entrant dans le régulateur, se divise en deux parties; l'une sort par le porte-vent *f*, et l'autre remplit l'espace vide que l'élévation du piston a formé. Lorsqu'il n'arrive plus de nouveau fluide, la soupape *d* est fermée par la compression de l'air intérieur; et celui-ci continue de sortir par le porte-vent *f* avec un effort qui fait équilibre à la pression du piston *b*.

936. Le piston est percé d'une ouverture recouverte d'un poids, qui comprime l'air avec une force qui doit faire équilibre au maximum du ressort que l'on veut obtenir, de manière que lorsque le piston, trop soulevé, est arrêté par les bords supérieurs du cylindre, l'air, qui continue à entrer augmente encore son action, parvient à exercer, sur l'ouverture, un effort égal au poids; alors l'air le soulève et s'échappe. Par ce moyen on évite tous les dangers qu'une trop forte compression pourrait faire craindre.

937. Le régulateur (fig. 6) ne diffère du précédent qu'en ce qu'il est accolé à la machine soufflante B.

Régulateur sans piston. Pl. XXXII, fig. 8.

938. *a*, paroi supérieure de la caisse de la machine soufflante. — *b*, piston de la machine soufflante qui aspire et expire alternativement de l'air dans les parties supérieures et inférieures du piston. — *d*, ouverture et soupape d'aspiration de l'air dans la partie inférieure. — *e*, soupape d'aspiration de l'air dans la partie supérieure. — *h*, ouverture par laquelle l'air expiré dans la partie supérieure de la machine entre dans le régulateur. Cette ouverture est recouverte par une soupape. — K, ouverture par laquelle l'air, expiré dans la partie inférieure de la machine, entre dans le régulateur. Cette ouverture est également recouverte par une soupape. — *l* porte-vent, ou tuyau de sortie de l'air du régulateur; — *p*, poids employés à fermer la soupape d'aspiration supérieure.

939. Le piston en montant aspire l'air dans la partie inférieure, et l'expire par la partie supérieure *h* dans le régulateur; lorsque le piston baisse, l'air est aspiré dans la partie supérieure, et l'air expiré par la partie inférieure K entre dans le régulateur.

Régulateur à deux pistons. Pl. XXXII, fig. 9.

940. Les deux pistons *b* et *c* se meuvent en sens contraire lorsqu'ils s'avancent l'un vers l'autre; l'air qui se trouve entre eux est chassé dans la partie supérieure; et, comme l'espace vide qui s'y forme est moitié de l'espace qui séparait les deux pistons, l'air qui entre est comprimé; il sort en partie par l'ouverture du porte-vent *f* placé dans le fond supérieur. Lorsque les deux pistons s'écartent l'un de l'autre, les soupapes du piston inférieur *c* s'ouvrent pour permettre à l'air d'entrer dans l'espace vide qui vient se former, et le pistou supérieur *b*, en s'élevant comprime l'air de la partie supérieure, et le force de nouveau à sortir par le porte-vent: ainsi ces sortes de machines produi-

sent un mouvement continu ; mais l'air éprouve des compressions différentes qui l'obligent à sortir avec plus ou moins de vitesse.

Régulateurs à réservoir. Pl. XXXII, fig. 7 et 11.

941. Ce sont de vastes cavités dans lesquelles l'air des machines soufflantes entre en soulevant une soupape, tandis que l'air comprimé est lancé avec un effort constant ou du moins peu variable.

La fig. 7 représente un régulateur construit en bois. — *a* est le conduit par lequel l'air arrive. — *d*, le tuyau de sortie. — *c* parois de la caisse séparée en divers espaces *m*, *m*, *m*.

942. La fig. 11 représente un régulateur établi dans une cave de grande dimension.

Régulateurs à eau. Pl. XXXII, fig. 2 et 4.

943. Ils sont formés d'une caisse placée dans un réservoir plein de ce liquide. Ce réservoir peut être une grande cuve de bois ou de maçonnerie. La caisse peut être fixée (Pl. XXXII fig. 2), ou mobile (Pl. XXIX fig. 25); dans ce cas elle est soulevée chaque fois que l'air entre, puis elle descend pendant qu'elle en fournit au fourneau, sans en recevoir de nouveau. Dans les premiers, c'est l'eau qui comprime l'air dans le régulateur. Dans le second, c'est le poids de la caisse qui comprime l'air, mais sa pesanteur varie avec son élévation; puisque la partie qui est plongée dans l'eau diminue de poids proportionnellement au volume d'eau qu'elle déplace; le régulateur (fig. 2, Pl. XXXII) est celui qui fait partie de la machine de *John Laurie* que nous avons décrite (926), et qui est représentée (Pl. XXXII, fig. 1). — *x* est la caisse plongée dans un bassin, et qui fait l'office de régulateur. — *b*, extrémité du tuyau qui conduit dans le régulateur l'air comprimé dans la machine soufflante. — *d*, porte-vent.

944. Le régulateur mobile représenté (Pl. XXIX, fig. 25), offre une particularité remarquable; c'est que la variation de la pression est modifiée par la courbure *g r* d'un lévier, auquel la caisse est suspendue; à l'autre extrémité est un poids *p* qui contribue à cette modification. — *a*, conduit par lequel arrive l'air dans le régulateur. — *b*, âme ou soupape d'aspiration. — *c*, paroi de la caisse. — *d*, tuyau de sortie de l'air.

GENRE DEUXIÈME. — Opérateurs locomobiles qui agissent sur les liquides.

945. Ce genre contient toutes les machines hydrauliques : nous n'en donnerons ici qu'une indication sommaire, leur ayant consacré un traité spécial. Les machines hydrauliques se subdivisent en six espèces, savoir : les seaux, les pompes, les machines à compression d'air, les machines à siphons, les machines à colonnes d'eau, et enfin les beliers.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Seaux.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Seaux à main et échoppes.*

946. Les *échoppes* sont figurées (Pl. XXXIV, fig. 1 et 2) : ce sont des espèces de *pelles* dont on fait un grand usage dans les épuisemens peu profonds. Les fig. 2 et 5 (Pl. III) indiquent un seau à pivot tournant.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Noria.* Planche XXXIV, fig. 7 et 11.

947. La *noria* est formée par une série de pots appliqués à une ou plusieurs cordes sans fin tendues entre deux tambours cylindriques. La fig. 10 représente une espèce de noria composée de simples cordes qui enlèvent l'eau qui y adhère.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Chapelet vertical.* Pl. XXXIV, fig. 4 et 5.

948. Le chapelet est composé d'une chaîne sans fin garnie de plateaux qui se meuvent dans un tuyau. On voit (fig. 4) la forme d'un de ces plateaux.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Chapelet oblique.* Pl. XXXIV, fig. 17.

949. Les plateaux des chapelets verticaux sont ordinairement de petites dimensions et en fer; ceux des obliques sont en bois, et entraînent une plus grande masse d'eau. Les premiers sont mus par des hommes, les seconds par des chevaux, par la vapeur ou par l'eau même.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Roue à pots.* Pl. XXXIV, fig. 20.

950. Le pourtour de la roue est garni de petites caisses tournantes sur un axe, et qui se remplissent successivement d'eau; quand elles sont parvenues à la hauteur du dégorgeoir, elles rencontrent un crochet qui les force de se vider.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Seau qui se vide par lui même.* Pl. XXXIV, fig. 3.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Seau flexible.* Pl. XXXVI, fig. 1.

951. Le seau *a a* est en cuir, il a la forme d'un cône tronqué; il est suspendu à deux cordes *b b* et *d d*; la première passe sur la poulie *m*, la seconde sur le rouleau *p*, et toutes les deux aboutissent au treuil *x*; lorsque le seau monte, il prend la forme d'un feston, et ses ouvertures sont de niveau; lorsqu'il se vide, il prend les formes indiquées par les lignes ponctuées.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Vis d'Archimède.* Pl. XXXIV, fig. 15.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Vis à la hollandaise.* Pl. XXXIV, fig. 16.

952. Quoique les variétés que nous venons de décrire aient des formes différentes, elles ont cependant une filiation commune, filiation que M. *De Prony* a très-bien indiquée dans sa *Nouvelle architecture hydraulique* (tome 1).

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Pompes.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Pompe aspirante.* Pl. XXXVI, fig. 2.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe foulante.* Pl. XXXVI, fig. 5.

953. Ces deux variétés se distinguent par leur structure différente, et surtout par les causes qui déterminent leurs effets. Le piston de la pompe aspirante est percé et porte une soupape, celui de la pompe foulante est plein; la soupape de la première est placée horizontalement à l'entrée du tuyau ascendant, celle de la seconde est placée verticalement à l'entrée d'un tuyau latéral. La pompe aspirante agit par le ressort de l'air, et ne peut élever l'eau à une hauteur qui surpasse trente-deux pieds; la foulante opère par simple pression, et peut élever l'eau à des hauteurs indéterminées.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe aspirante et foulante.* Pl. XXXVI, fig. 3.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe foulante dont le piston se meut du bas en haut.* Pl. XXXVI, fig. 4.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe aspirante et foulante à tuyaux accolés.* Pl. XXXVI, fig. 7.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe à deux pistons.* Pl. XXXVI, fig. 6.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe à piston et à cylindres mobiles, l'un dans l'autre et en sens inverse.* Pl. XXXVI, fig. 8.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe à aspiration continue, ayant un seul cylindre.* Pl. XXXVI, fig. 9.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Pompe à aspiration continue, ayant deux cylindres.* Pl. XXXVI, fig. 10.

954. Les fig. 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22 et 25 (Pl. XXXVI), indiquent diverses sortes de pistons et de soupapes en usage dans les pompes.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Machines à compression d'air.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Fontaine de Héron.* Pl. XXXIV, fig. 9.

955. Elle est composée de trois vases *a*, *b*, *c*, et de trois tuyaux *f*, *g* et *d d*. Le tuyau *f* sert de communication entre les vases *a* et *b*; le tuyau *g* est intermédiaire entre les vases *b* et *c*; enfin le troisième tuyau *d d* met en relation les vases *a* et *c*. Ce tuyau doit être muni d'un robinet. Si, en supposant ce robinet fermé, l'on remplit d'eau les deux vases *a* et *b*, et qu'enfin on ouvre le robinet, l'eau tombera dans le récipient inférieur, comprimera l'air qui y est contenu, le forcera de monter par le tuyau *g*, de réagir sur l'eau contenue dans le récipient *b*, et fera jaillir une portion de cette eau par le tuyau *f* avec une force proportionnée à la hauteur du tuyau *d*. Tel est le principe de la fontaine de Héron, principe qui sert de base à toutes les autres machines à compression d'air.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de* Schemnitz. Pl. XXXIV, fig. 21.

956. Cette machine n'est autre chose qu'une fontaine de Héron exécutée sur une très-grande échelle. L'eau du réservoir A, alimenté par une source, met en jeu la machine. — L'eau qu'il s'agit d'élever est contenue en L. — O est le bassin où l'eau élevée se décharge. Un récipient B communique avec le réservoir supérieur A, au moyen d'un tuyau recourbé *b b b*, et avec l'air extérieur par les tubes *a* et *d*. — Le récipient *c* communique avec B par le tube *h h h*, et avec le réservoir L par le tuyau *l l*, un troisième tuyau *n n n* sert à élever l'eau de *c* jusqu'en O; enfin, un petit tube *p* communique avec l'air extérieur. Pour mettre cette machine en jeu, on ouvre les robinets *k* et *m*; le récipient *c* s'emplit d'eau par *l l*, et se vide d'air par *p p*; alors, on ferme les robinets *k* et *m*. On ouvre les robinets *c g*, et on ferme les robinets *e* et *f*; le récipient B s'emplit d'eau par

b b; l'air qu'il contient presse l'eau contenue dans le récipient C, et l'oblige à s'élever par le tuyau *n n* jusqu'en *o*.

Le récipient C étant vide d'eau, on ouvre en même temps les robinets K, *m*, *e*, *f*, et on ferme les robinets *c*, *g*; le récipient B se vide d'eau par *d*, et s'emplit d'air par *a*; en même temps le récipient C s'emplit d'eau par *l l* et se vide d'air par *p*; fermant les robinets K, *m*, *e*, *f*, et ouvrant les robinets *c*, *g*, l'eau du récipient C s'élève de nouveau par *n n* jusqu'en *o*.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de* Schemnitz, *perfectionnée par M.* Boswell. Pl. XXXIV, fig. 22.

957. La machine précédente exigeait l'emploi de deux hommes pour ouvrir les robinets; M. *Boswell*, par les modifications qu'il y a introduites, a substitué l'action de l'eau à celle des hommes. Les ingénieuses modifications de M. *Boswell* sont indiquées (Pl. XXXIV, fig. 21); mais nous nous réservons à les décrire dans le traité des machines hydrauliques.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Machines de M.* Manoury.

958. Ces machines, décrites dans le *Bulletin de la société d'encouragement*, agissent sans aucun mouvement apparent.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Siphons.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Siphon simple.* Pl. XXXIII, fig. 3.

959. Tout le monde sait que, si l'on a un tuyau recourbé à branches inégales (Pl. XXXIII, fig. 3), et que l'on place la petite branche dans un récipient, contenant un liquide quelconque, l'on fera écouler ce liquide en faisant, par *suction*, le vide dans la longue branche. On a fait diverses applications en grand de ce principe.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Machine de* Detrouville. Pl. XXXIV, fig. 14.

960. Que l'on suppose, 1°. une cavité parfaitement close A;

2° une série de réservoirs *a*, *a*, *a*, etc., placés les uns au-dessus des autres; 3°. autant de caisses qu'il y a de réservoirs; ces caisses *b*, *b*, *b*, etc., communiquent entre elles par un long tuyau *c c*; elles communiquent aussi avec leur réservoir, au moyen des soupapes *f*, *f*, *f*, etc., et avec le réservoir inférieur par les tuyaux *g*, *g*, *g*, etc.

Il est évident que, si l'on laisse écouler l'eau contenue en A, l'air du tuyau *c c*, obligé d'occuper un plus grand espace, sera raréfié, et l'eau des réservoirs montera dans les caisses *b*, *b*, *b*, et de ces caisses dans le tuyau *c c*; si, ensuite, on ferme l'issue *d*, et que l'on ouvre le robinet K, l'eau entrera dans la cavité A, comprimera et obligera celle qui était montée dans le tuyau *c c*, de s'écouler par les soupapes *f*, *f*, *f*, etc.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Siphon de grandes dimensions par M.* Lebrun. Pl. XXXIV, fig. 13.

961. Ce siphon a servi pour traverser l'eau contenue par une digue. A cet effet, on le remplissait d'eau par une ouverture pratiquée en A, et on laissait en même temps écouler l'air par un petit tuyau *b*; on bouchait ensuite exactement ces deux ouvertures, on ouvrait l'extrémité inférieure du siphon, et l'eau s'écoulait de l'autre côté de la digue.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Machine à siphon et à flotteur de M.* de Thiville. Pl. XXXIV, fig. 9.

962. Une caisse mobile A est contenue dans une autre caisse B remplie d'eau; la caisse A communique avec un réservoir supérieur *c*, au moyen d'un siphon *d d*: cette caisse s'emplit d'eau par le siphon, et se vide par une soupape placée au fond de la caisse; lorsqu'elle est vide, elle a une gravité spécifique moindre que celle de l'eau, et est obligée conséquemment de s'élever; lorsqu'elle est pleine, sa gravité devenant prépondérante, elle

redescend, mais en redescendant, sa soupape s'ouvre et laisse écouler l'eau. De cette manière, on obtient un mouvement alternatif qu'on applique au mouvement des pompes.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Machines à colonnes d'eau.* Pl. XXXIV, fig. 18 et 19.

963. *Bélidor* est l'inventeur de cette machine qui est mise en mouvement par l'eau d'une source qui presse alternativement deux pistons de diamètres différens. Ces pistons, unis par une tige commune, se meuvent dans deux cylindres ou corps de pompe dont les axes sont placés sur une même droite. Chaque piston a une tige qui sort du cylindre dans lequel il se meut; ces deux tiges se réunissent l'une à l'autre. Le cylindre du grand piston communique alternativement avec le tuyau qui amène l'eau de la source, et avec un déversoir; le cylindre du petit piston communique dans le même temps, d'abord avec le tuyau qui doit élever l'eau, ensuite avec le tuyau de conduite de l'eau de la source. L'eau de la source presse le grand piston; le petit piston oblige l'eau à s'élever dans le tuyau d'ascension; l'eau contenue dans le cylindre du grand piston s'écoule par un déversoir; le petit piston revient au point de départ, et l'eau de la source presse de nouveau le grand piston.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Beliers.*

964. Nous placerons dans cette espèce toutes les machines qui opèrent par la percussion.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Belier simple de* Mongolfier. Pl. XXXIII, fig. 1.

965. Cette machine est composée de deux tuyaux, l'un horizontal, l'autre vertical. L'angle d'union de ces deux tuyaux s'appelle la *tête du belier*; deux soupapes sont placées, l'une à l'extrémité du tuyau horizontal, et on la nomme *soupape d'arrêt*; l'autre appelée *soupape ascensionelle*, est placée à l'entrée du tuyau

vertical: la première s'ouvre au moyen d'un poids réacteur, et se ferme par la percussion de l'eau; cette même percussion ouvre aussi la seconde, qui se ferme, après la percussion, par le poids de la colonne d'eau superposée.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Belier à réservoir d'air.* Pl. XXXIII, fig. 2.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Belier à réservoir d'air sphérique.* Pl. XXXIII, fig. 4.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Belier à tuyau curviligne.* Pl. XXXIII, fig. 8 et 9.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Belier à double effet.* Pl. XXXIII, fig. 5 et 6.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Belier aspirateur.* Pl. XXXIII, fig. 10 et 11.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Belier mobile à rotation horizontale.* Pl. XXXIII, fig. 18, 19 et 23.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Belier à mouvement circulaire alternatif vertical.* Pl. XXXIII, fig. 20 et 21.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Belier serpentin à mouvement circulaire alternatif horizontal.* Pl. XXXIII, fig. 13.

DIXIÈME VARIÉTÉ. — *Tuyau tournant.* Pl. XXXIII, fig. 12.

ONZIÈME VARIÉTÉ. — *Belier à mouvement alternatif rectiligne*, ou *canne hydraulique.* Pl. XXXIV, fig. 12.

966. Les fig. 7, 14, 15, 16 et 17 (Pl. XXXIII), représentent diverses espèces de soupapes en usage dans les beliers hydrauliques.

Indépendamment des machines hydrauliques, ce genre d'opérateurs a une septième espèce d'organes qui servent dans les fonderies pour transférer du fourneau aux moules le métal liquide.

SEPTIÈME ESPÈCE. — *Organes locomoteurs agissant sur des liquides brûlans.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Poches métalliques.* Pl. XXXII, fig. 10 et 11.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Chaudière suspendue à une potence mobile.* Pl. XXXII, fig. 15.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Chaudière tournante armée d'un levier.* Pl. XXXII, fig. 14.

GENRE TROISIÈME. — Opérateurs locomoteurs agissant sur des corps solides.

967. Il y a deux espèces d'opérateurs de ce genre : les uns transfèrent les corps solides le long des plans horizontaux ou inclinés, les autres saisissent ces mêmes corps pour les élever.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Opérateurs qui transfèrent les corps solides le long des plans inclinés ou horizontaux.*

968. Les chariots, charrettes, tombereaux, guimbardes, haquets, fardiers, triqueballes, binards, camions, brouettes, traîneaux et les brancards, sont les principales variétés de cette espèce; elles sont décrites dans le *Traité spécial du mouvement des fardeaux.*

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Opérateurs qui saisissent les corps solides pour les élever.*

969. Les louves, les tenailles, les *esses*, les élingues, les nœufs-coulans et autres amarages, sont les opérateurs qui appartiennent à cette espèce; leur description est également contenue dans le *Traité du mouvement des fardeaux.*

GENRE QUATRIÈME. — Opérateurs locomoteurs agissant sur des substances peu adhérentes.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Agitateurs.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Patouillets.* Pl. XXXII, fig. 24 et 25.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Cribles, blutoirs et tamis.* Pl. XXXII, fig. 12, 13, 16, 20 et 28.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Archet des chapeliers.* Pl. XXXII, fig. 27.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Pèles et pioches.* Pl. XXXII, fig. 21, 22 et 23.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Agitateurs tournans.* Pl. XXXII, fig. 17, 18 et 19.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Dragues et machines à curer.* Pl. XXXII, fig. 26.

970. Ces importantes machines seront décrites dans le *Traité des machines employées pour la construction.*

CHAPITRE II.

Des opérateurs par pression.

971. Nous distinguons cinq genres d'opérateurs par pression : les cylindres compresseurs ; les plans compresseurs, les presses, les filières, et les dilatatoires.

GENRE PREMIER. — Cylindres compresseurs.

ESPÈCE UNIQUE.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Cylindre locomobile.* Pl. XXXVII, fig. 1.

972. On se sert de cet instrument très-connu pour aplanir les allées des jardins.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Machine à cylindres superposés et à treuil.* Pl. XXXVII, fig. 6.

973. Cette machine est employée dans les blanchisseries et dans quelques autres ateliers, pour effacer les plis des étoffes, et les rendre unies.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Laminoirs à cylindres plats.* Pl. XXXVII, fig. 15, 16, 17 et 18.

974. Je nomme en général *laminoirs* des cylindres destinés à aplatir les métaux et à les étirer. Ils sont ordinairement formés de deux cylindres en fonte grise, dressés et travaillés au tour, ayant les formes indiquées (fig. 16, 17 et 18).

APPL. Les laminoirs de grandes dimensions servent à réduire le plomb en lames larges et minces. — Dans les *fenderies*, on les emploie à réduire le fer en verges, et alors on leur donne le nom d'*espatards*. — Dans les *tôleries*, pour réduire le fer ou le

cuivre en lames d'une très-petite épaisseur. Les cylindres dont on se sert dans ces établissemens, ont depuis six décimètres jusqu'à douze de longueur, sur trois à cinq décimètres de diamètre. — Dans la fabrication des monnaies, chez les orfèvres, les metteurs en œuvre, dans les manufactures de galons de toute espèce, on fait usage de laminoirs de moindres dimensions pour laminer l'or, l'argent et le cuivre.

QUATRIÈME VARIÉTÉ.—*Laminoirs à cylindres creusés.* Pl. XXXVII, fig. 25 et 26.

975. Ces laminoirs forment des barres cylindriques lorsque la cavité est creusée en demi-cercle, ou bien ils profilent des moulures lorsqu'ils ont des formes analogues à celle indiquée fig. 25.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. —*Cylindres forgeurs.* Pl. XXXVII, fig. 24 (*a*).

976. En Angleterre, on fait usage, depuis la fin du siècle dernier, de cylindres avec lesquels on comprime, cingle et forge le fer. On en distingue de trois sortes : cylindres ébaucheurs, cylindres préparateurs, et cylindres étireurs.

977. Les cylindres ébaucheurs A A, ont entre un mètre et deux mètres de long, sur 5 décimètres à 1$^{mèt.}$ 6 de diamètre; ils sont divisés dans le sens de la longueur par plusieurs cannelures *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, de 2 à 4 décimètres; les plus grands cylindres ont huit cannelures, les plus petits, quatre.

978. Les cylindres préparateurs ne diffèrent des précédens que par leurs dimensions. Ils ont entre 1 mètre et 1$^{m.}$ 6 de long, sur 5 à 8 décimètres de diamètre : leur poids varie entre 5 et 14 milliers. Les plus grands ont dix cannelures, les plus petits en ont sept; elles ont de 1 à 2 décimètres de diamètre.

979. Les cylindres étireurs B, ont de 1 $^{mèt.}$ à 1 $^{m.}$ 3 de long,

(*a*) *Sydérotechnie de M.* Hassenfratz.

sur 5 à 6 décimètres de diamètre. L'un des cylindres a des cannelures rectangulaires *f, g, n, h*, dont le nombre varie entre 6 et 8; leur longueur peut avoir depuis 3 centimètres jusqu'à 2 décimètres, et leur profondeur de 3 centimètres à 6. L'autre cylindre a des bandes saillantes. Ces bandes n'ont que 15 millimètres d'épaisseur environ. Ces bandes entrent dans les cannelures, pour aplatir le fer, lui donner la forme et les proportions recherchées.

On fixe les cylindres entre deux châssis de fonte ou de fer forgé, composés chacun de forts piliers *a, a, a, a*, entre lesquels sont des *empoises* ou colliers de fonte *b, b*, etc., pour recevoir l'axe des cylindres. Les piliers sont fixés par le bas, soit dans une sole de fonte *d d*, soit dans une forte pièce de bois. Ils sont retenus dans la partie supérieure, par un chapeau ou des brides de champ *e e*; deux écrous qui se vissent au-dessus du chapeau, servent à rapprocher les deux cylindres l'un contre l'autre, et à déterminer l'écartement qu'ils doivent avoir.

Chaque cylindre s'emboîte dans un arbre *f*, qui lui communique le mouvement qu'il doit avoir, qui est ordinairement circulaire continu; mais dans les cylindres ébaucheurs, le mouvement est quelquefois oscillatoire.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Cylindre à broyer le chocolat.*

980. M. *Poincelet* a fait construire une machine très-ingénieuse pour broyer le chocolat. Sa machine est composée d'une pierre de liais sur laquelle se broient les matières. Le rouleau que l'ouvrier conduit et qui opère sur cette pierre, est suspendu à un châssis qu'il fait mouvoir de l'avant à l'arrière; ce châssis est soutenu par deux volutes flexibles, qui s'élèvent de deux fûts de colonne, et qui, au moyen d'un contre-poids

en forme de balancier, donnent au rouleau une légèreté qui en rend la pesanteur presque nulle pour les bras de l'ouvrier.

981. Indépendamment du grand châssis dont on vient de parler, il s'en trouve un plus petit ajusté sur le premier, qui, au moyen d'un ressort à pompe logé dans l'intérieur d'une petite colonne en cuivre fixée au milieu du grand châssis, permet au rouleau de se prêter à la forme de la pierre qui est taillée en portion de cercle à sa surface supérieure, et d'appuyer sur les substances à broyer sans un grand effort de la part de l'ouvrier, à cause du propre poids du rouleau, et du ressort en spirale qui le soutient.

982. Mais ce n'était pas tout d'avoir obtenu le moyen de broyer facilement avec un rouleau beaucoup plus lourd que celui qui est ordinairement employé dans le travail à la main; il fallait encore trouver un moyen de faire produire un mouvement fixe et régulier au rouleau, à chaque impulsion qu'il reçoit, pour que les matières fussent broyées par petites portions et successivement.

Il fallait aussi pouvoir les réunir, les présenter de nouveau à l'action du rouleau, et faire rétrograder celui-ci d'un tour entier. Ces différens effets ont été obtenus : deux roues à rochet, de même diamètre et division, agissant en sens inverse, et faisant faire au rouleau, à volonté, un vingt-cinquième de tour; deux bascules avec deux tiges de mouvement, pouvant échapper ensemble ou séparément par l'action de la main sur la poignée que tient l'ouvrier, sont, avec quelques pièces accessoires, tout le mécanisme qui complète cette machine, qui, en définitif, donne une économie de main-d'œuvre dans le rapport de 1 à 3.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Cylindres gravés*. Pl. XXXVII, fig. 28 et 29.

983. Ces sortes de cylindres servent à gaufrer les étoffes, c'est-à-dire, à y imprimer des dessins quelconques. Le cylindre inférieur doit être lisse.

HUITIÈME VARIÉTÉ. — *Molettes*. Pl. XXXVII, fig. 21.

984. Les molettes sont de petites roues métalliques sur la circonférence desquelles on grave de petits dessins que l'on reproduit sur des pièces d'orfévrerie, en comprimant avec la molette, et lui faisant parcourir les moulures ou les bandes où l'on veut qu'ils soient placés.

NEUVIÈME VARIÉTÉ. — *Cylindres verticaux*. Pl. XXXVII, fig. 20.

985. On se sert, dans les colonies, pour comprimer les cannes à sucre, de trois cylindres verticaux *a*, *b*, *c*, communiquant entre eux au moyen de trois roues dentées égales. Ces cylindres sont mis en mouvement au moyen d'un manége à flèches obliques.

GENRE DEUXIÈME. — Plans compresseurs.

986. Il existe deux espèces de plans compresseurs, les truelles et les calandres.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Truelles*.

987. On appelle *truelles* des instrumens qui servent à étendre et à comprimer les couches de mortier. Il y a plusieurs variétés de truelles qui se distinguent par leurs formes et par leurs grandeurs. Il est inutile de les énumérer. La Pl. XXXVII, (fig. 2) représente la truelle que les maçons emploient le plus fréquemment.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Calandres.* Pl. XXXVIII, fig. 25.

988. Les calandres sont composées d'un traîneau placé sur des rouleaux, et surchargé d'un poids considérable. On communique à ce chariot un mouvement de va et vient, au moyen d'un treuil garni de deux cordes qui passent et repassent sur diverses poulies de renvoi.

APPLIC. Pour presser et lustrer les draps.

GENRE TROISIÈME. — Presses.

Il y a deux espèces de presses, les presses à levier et les presses hydrauliques.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Presses à levier.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Levier à poids.* Pl. XXXVII, fig. 12.

989. Cette presse, remarquable par sa simplicité, est employée par quelques nations sauvages d'Afrique.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Pressoirs à vis verticale et à levier.* Pl. XXXVII, fig. 8, 10 et 11.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Pressoirs à vis verticale combinée avec un cabestan.* Pl. XXXVII, fig. 9.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. *Pressoirs à vis horizontale et à engrenage.* Pl. XXXVII, fig. 7.

990. Nous nous abstenons de décrire les pressoirs, dont on trouvera une ample description dans le *Traité spécial des machines d'agriculture.*

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Presses hydrauliques.*

991. Nous avons décrit ces sortes de presses (706).

GENRE QUATRIÈME. — Filières.

992. Il y a trois espèces de filières; filières à tenailles, filières à tambours, et filières cylindriques.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Filières à tenailles.*

993. On remarque dans une filière à tenailles trois parties principales, 1°. la *filière* proprement dite; 2°. la *tenaille;* 3°. le *banc.* La *filière* est une barre de fer (Pl. XXXVII fig. 13 et 14), percée de douze à vingt trous coniques de différentes grosseurs, et placés en échiquier. C'est à travers ces trous qu'on fait passer successivement les verges ou fils de métal que l'on veut étirer. Les tenailles doivent être construites de manière à s'ouvrir spontanément lorsqu'elles avancent vers la filière pour y saisir le fil, à saisir et à serrer le fil en se retirant. On obtient cet effet par plusieurs moyens différens; celui qu'on emploie le plus généralement (Pl. XXIV, fig. 37), consiste à courber les extrémités des branches des tenailles, et à passer entre ces branches un anneau de fer *d* terminé par une queue recourbée en crochet. On donne à cet anneau le nom de *chaînon*, et à l'ensemble celui de *maillon.* Lorsque le maillon pousse la tenaille en avant, il desserre les branches et la mâchoire s'ouvre; quand il tire au contraire, il serre les branches et fait fermer les mâchoires.

994. Au lieu d'un anneau, on peut se servir d'une tringle de fer (Pl. XXIV, fig. 40). Les deux branches passent à travers deux ouvertures percées dans cette tringle; en l'avançant vers les mâchoires, elle pousse la tenaille vers le fil, en même temps qu'elle la force à s'ouvrir; et en la tirant, elle rapproche les branches obliques, fait fermer les mâchoires, et tire le fil.

995. Un troisième moyen d'obtenir le même effet est indiqué (Pl. XXIV, fig. 41, 42 et 44). Les deux branches de la tenaille

sont réunies à charnière à deux règles mobiles *b*, *b*, lesquelles ont leurs extrémités attachées à la tige *d* de manière à pouvoir tourner autour du point d'attache ; lorsque la tige descend, les deux règles en s'écartant font ouvrir la tenaille, et quand elle remonte, elles l'obligent à se fermer.

996. On se sert rarement d'un quatrième moyen (Pl. XXIV, fig. 43). C'est un anneau oviforme, passé dans deux ouvertures pratiquées à l'extrémité des branches des tenailles. En poussant l'anneau, les branches et les mâchoires s'ouvrent, et les tenailles se meuvent vers le fil ; en tirant l'anneau, les branches et les mâchoires se ferment et le fil est tiré.

997. Les tenailles sont mues quelquefois par des hommes qui se servent à cet effet d'un long levier ; mais le plus souvent elles reçoivent le mouvement, communiqué à un arbre muni de cammes, par une roue hydraulique ou par une machine à vapeur.

998. Les fig. 47, 51 et 52 (Pl. XXIV) représentent plusieurs méthodes de transmettre l'action des cammes aux tenailles.

On voit que dans toutes un levier droit ou coudé *a*, *a*, est fixé par un axe de rotation sur l'établi, auquel on donne le nom de *bûche*. Il communique aux cammes par sa branche inférieure qui est verticale ou horizontale, selon que le levier est droit ou coudé.

999. Les cammes peuvent agir sur les leviers de plusieurs manières, 1°. en pressant le levier vertical *a*, (fig. 51) ; 2°. en agissant immédiatement à l'extrémité du levier coudé *a*, (fig. 52) ; 3°. en pressant sous un levier horizontal *a* (fig. 47) qui communique son mouvement à l'extrémité du levier coudé *b* par une tringle, ou par une chaîne de fer.

Comme la camme ne donne au levier qu'un mouvement dans un sens, soit pour tirer la tenaille, soit pour la pousser, un ressort *c* (fig. 51) effectue le second mouvement. Ce ressort, qui

est de bois, communique, à l'aide d'une corde ou d'une chaîne, avec l'extrémité du levier sur lequel presse la camme. Le ressort tendu par l'effort de la camme, fait effort à son tour pour ramener le levier dans sa position primitive. Lorsque la camme cesse d'agir, le mouvement continuel d'oscillation des leviers en procure un de va et vient à la tenaille; laquelle saisit le fil, le tire loin de la filière, l'abandonne, et va le saisir de nouveau près de la filière pour l'étirer encore.

DEUXIÈME ESPÈCE.—*Filières à bobines*. Pl. XXIV, fig. 49 et 54, 50 et 55.

1000. On ne fait usage des tenailles que pour tirer les gros fils, qui exigent un effort considérable. Lorsque l'effort est moindre, on attache les fils sur des cylindres ou des bobines qui sont horizontales ou verticales; les premiers ont ordinairement la forme d'un cône tronqué (Pl. XXIV, fig. 49 et 54).

En tirant le fil avec les tenailles, celles-ci le saisissent successivement, et impriment la marque de leurs mâchoires sur le point qu'elles serrent; en tirant le fil avec des bobines, il ne reçoit aucune de ces impressions qui lui donnent une sorte de défectuosité.

1001. Dans un grand nombre de petites usines, les bobines sont mues à la main. Les bobines horizontales ont deux manivelles mises en mouvement par deux hommes. Les verticales n'ont qu'une manivelle supérieure, et elles servent à tirer le fil le plus fin.

1002. Dans les grandes usines, on fait mouvoir les bobines par des roues hydrauliques; elles sont enfilées verticalement par un axe de fer qui se prolonge sous la bûche. A son extrémité inférieure est une roue dentée horizontale, qui s'engraine dans une roue verticale fixée sur l'arbre de la roue hydraulique. On donne à la bobine une vitesse plus ou moins grande en variant

le rapport qui existe entre les deux roues dentées. Lorsque l'on tire du gros fil, on ne donne à la bobine qu'un mouvement très-lent, et on lui en donne un précipité lorsque l'on tire du fil plus fin.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Filières cylindriques.*

1003. On a imaginé de se servir de cylindres cannelés, disposés comme ceux des laminoirs, pour tirer les fils d'un gros diamètre qui, par cette méthode, sont exempts des impressions des tenailles.

Chaque cylindre porte 12 à 14 cannelures de différens diamètres. Ces cylindres sont mûs en sens contraire par deux arbres qui communiquent à deux roues hydrauliques. Des roues dentées placées sur chaque arbre correspondent à des engrenages qui font mouvoir deux fortes bobines qui tirent le fil à mesure qu'il s'est étendu sous le cylindre cannelé.

GENRE CINQUIÈME. — Dilatatoires.

1004. On appelle *dilatatoires* les instrumens de chirurgie qui servent pour ouvrir ou dilater une plaie, ou bien pour agrandir une ouverture; on donne à ces derniers le nom de *speculum*. Les fig. 3, 4, 5, (Pl. XXXVII) représentent deux dilatatoires; celui indiqué, fig. 4 et 5, est le *speculum matricis*.

CHAPITRE III.

Des opérateurs par frottement.

1005. La classe des opérateurs par frottement se divise en trois genres: limes, meules, polissoirs.

GENRE PREMIER. — Limes.

1006. Nous placerons dans ce genre les limes proprement dites, les râpes creuses, et les chardons.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Limes.*

1007. On connaît deux sortes de limes : les unes appelées *limes*, sont employées à travailler les métaux ; les autres portent le nom de *râpes ;* elles sont employées à travailler le bois, ou des substances analogues.

1008. Les limes diffèrent des râpes, en ce que les aspérités des premières sont faites avec des ciseaux qui, creusant dans l'acier des lignes parallèles et croisées, isolent des parallélipipèdes aigus qui peuvent ronger les métaux, et que les secondes sont faites avec des poinçons, qui creusent des trous triangulaires, et soulèvent des aspérités de forme pyramidale, à base triangulaire ; c'est par l'action aiguë du sommet de ces tétraèdres sur des substances molles, que le bois et les autres corps tendres sont rongés.

1009. Il existe de nombreuses variétés parmi les limes. Le unes doivent être grosses et fortes, et avoir de grandes tailles ; elles sont destinées à ébaucher de gros ouvrages, sur lesquels il faut enlever une épaisseur plus ou moins grande de métal. D'autres doivent être douces et avoir des entailles fines et rapprochées, et des grains fins ; elles sont destinées à polir les surfaces, et à faire disparaître les petites aspérités qui les couvrent. Quelques limes doivent avoir leurs surfaces planes (Pl. XXXIX, fig. 1 et 2) ; elles sont destinées à dresser des plans. D'autres doivent avoir leurs surfaces courbes (fig. 3 et 4), pour pouvoir creuser ou pénétrer dans des sinuosités. Plusieurs doivent être cylindriques, ou coniques, pour commencer, ébaucher et agrandir les

trous formés dans les métaux : enfin quelques limes, destinées aux travaux de l'horlogerie et de la bijouterie, doivent être petites et délicates.

On divise les limes, dans le commerce, relativement à leurs grains et à leurs entailles, en trois variétés ; *rudes*, *bâtardes* et *douces*. On les divise de plus en cinq autres variétés, relativement à leur forme, 1°. carrées ; 2°. plates (fig. 1) ; 3°. triangulaires (fig. 2) ; 4°. demi-rondes (fig. 4) ; 5°. rondes (fig. 3). Ce sont celles qui sont le plus généralement employées. On en fabrique encore qui ont des formes extrêmement variées, ce qui dépend des destinations qu'on leur donne. L'outil représenté fig. 8 (Pl. XXXIX), dont se servent les corroyeurs, peut être considéré comme une sorte de lime. Les limes représentées fig. 9, 10 et 11 s'appellent *queues-de-rat*.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Râpes creuses.*

1010. Les râpes creuses, dont une des plus simples est représentée fig. 6 (Pl. XXXIX), sert à pulvériser ou à réduire en petits fragmens des fruits ou autres substances analogues : on connaît plusieurs variétés de râpes creuses que nous nous réservons d'indiquer dans le *Traité des machines d'agriculture*.

TROISIÈME ESPÈCE — *Chardon à bonnetier ou à foulon.*

1011. Les fig. 12 et 13 (Pl. XXXIX) représentent deux instrumens de cette espèce qui servent à draper ou à faire ressortir le poil des étoffes de laine.

GENRE DEUXIÈME. — Meules.

Il y a deux espèces de meules, meules à aiguiser et meules à pulvériser.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Meules à aiguiser.*

1012. On donne ordinairement le nom d'*aiguiseries* aux usines où l'on aiguise et où l'on polit les lames des instrumens tranchans. Elles contiennent une ou plusieurs grosses meules de grès, et plusieurs autres meules plus petites de pierre et de bois de différens diamètres; quelques-unes de ces usines ont pour moteur une roue hydraulique, comme on le voit fig. 28, 32 (Pl. XXXIX); dans quelques autres, des hommes font tourner des manivelles, et elles sont disposées d'une des manières indiquées fig. 19, 20 et 23; la meule de la fig. 20 est horizontale; les diamantaires adoptent communément cette dernière disposition.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Meules à pulvérisation.*

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Meules horizontales à mouture.* Pl. XXXVIII, fig. 15, 16 et 17.

1013. Nous réservons les détails qui concernent ces meules, au *Traité des machines d'agriculture.*

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Meules échancrées.* Pl. XXXVIII, fig. 18 et 20, 19 et 21.

1014. Ces sortes de meules sont employées dans des opérations de métallurgie.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Meules cylindriques verticales.* Pl. XXXIX, fig. 33, 34, 35 et 36.

1015. Les quatre figures indiquées représentent une machine employée dans les usines où l'on confectionne la poudre à canon. La fig. 19 (Pl. XXXVII) représente une autre sorte de meule verticale qui sert à écraser les pommes destinées à la formation du cidre.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Meules coniques verticales.* Pl. XXXVIII, fig. 1.

1016. Lorsque les meules verticales ont une épaisseur considérable, relativement au diamètre qu'elles ont à décrire, il est évident qu'elles ne pourraient tourner si on ne leur donnait la forme d'un tronc de cône.

GENRE TROISIÈME. — Polissoirs.

1017. Nous distinguerons quatre espèces de polissoirs, polissoirs de corps sphériques, polissoirs de corps cylindriques, polissoirs de surfaces planes, et polissoirs de surfaces courbes quelconques.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Polissoirs de corps sphériques.* Pl. XXXVIII, fig. 4 et 7.

1018. On place les corps que l'on veut polir dans des tonneaux (fig. 4), ou bien dans une caisse (fig. 7) que l'on fait tourner rapidement; le résultat de ce mouvement est d'émousser toutes les parties saillantes des corps, et de leur donner la forme globulaire.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Polissoirs de corps cylindriques. Machines à polir les aiguilles.*

1019. Pour polir les aiguilles on les dispose dans des rouleaux de la manière suivante : On prend plusieurs morceaux de vieille toile, qu'on recouvre d'un morceau de toile neuve à tissu serré et mouillée. Sur le fond de cette toile on place une couche de matière à polir, qui est ordinairement un schiste argileux mi-cassé, réduit en poudre et passé au tamis, ou bien de l'émeri en poudre; l'on met par-dessus plusieurs rangées d'aiguilles, on les recouvre de nouvelle matière sur laquelle on place une autre rangée d'aiguilles. Après avoir placé cinq couches

d'aiguilles, entre six couches de matière à polir, on arrose le tout d'huile de colza; on forme avec la toile un paquet serré *c d*, fig. 14 (Pl. XXXIX), qu'on lie fortement par les bouts et par le milieu.

Les rouleaux sont placés sur une table; on les recouvre d'un plateau du poids de 40 à 45 kil.: on donne, soit à bras, soit par le moyen d'une roue hydraulique, un mouvement de va et vient à ce plateau, qui, par sa pression, procure un mouvement de rotation au rouleau; les aiguilles sont roulées continuellement sur elles-mêmes et sur la matière à polir; elles obtiennent ainsi un premier poli.

1020. Les rouleaux sont ensuite déliés, les aiguilles versées dans une sébile recouverte de sciure de bois et introduite dans un tonneau représenté fig. 18 et 24, (Pl. XXXIX), qu'on tourne avec plus ou moins de vitesse, afin de ressuyer et de dégraisser leur surface; puis on les fait tomber dans un *van* de cuivre qu'on place au-dessous de l'ouverture du tonneau.

Les ouvriers vannent les aiguilles, comme on vanne le blé; la sciure s'envole, et les aiguilles se séparent de la matière à polir, que l'on jette.

Elles sont ensuite versées pêle-mêle dans une boîte, pour y être arrangées parallèlement par un mouvement oscillatif et tremblé.

On répète une dizaine de fois cette série d'opérations en changeant la matière à polir. Les dernières fois on les place sous le plateau, en les arrosant seulement d'un peu d'huile.

Enfin on termine le polissage en essuyant les aiguilles une à une avec un linge.

Variétés principales.

1021. Il y a des machines à polir les aiguilles dans lesquelles

les plateaux sont mobiles; dans d'autres, les plateaux sont fixes, et le mouvement de va et vient est communiqué à la table.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Polissoirs à plateaux mobiles.*

PREMIÈRE SOUS-VARIÉTÉ. — *Polissoir mu par des hommes.* Pl. XXXIX, fig. 29.

1022. — *a b*, plateau supérieur mobile; — *c d*, tige verticale de ce plateau; *e*, levier qui fait mouvoir la machine; — *i*, rouleau d'aiguilles à polir. On voit que la tige *c d* a son point d'appui en *e* autour duquel elle oscille, de sorte que le plateau a un mouvement alternatif circulaire.

DEUXIÈME SOUS-VARIÉTÉ.—*Polissoir mu par une roue hydraulique.* Pl. XXXIX, fig. 26 et 30, 27 et 31. *Élévation, plan.*

1023. — *k*, roue hydraulique; —*f*, arbre sur lequel est placée une roue dentée *g*; cette roue engrène avec une lanterne *m*, qui porte une manivelle *n*, laquelle met en mouvement la tringle *o*; celle-ci s'attache à un levier horizontal *p*, emmanché dans un second arbre *q*, et lui procure un mouvement d'oscillation.

DEUXIÈME VARIÉTÉ — *Polissoirs à plateaux fixes.* Pl. XXXIX, fig. 25.

1024. Comme l'oscillation d'un plateau droit sur une table plane, occasione des pressions inégales, M. *Mollard* a fait construire des polissoirs (fig. 25) dans lesquels le mouvement de *va et vient* est communiqué à la table *t t*, sur laquelle sont les rouleaux et les plateaux qui les recouvrent : il résulte de ce seul changement une pression uniforme, plus avantageuse au poli des aiguilles.

Les plateaux supérieurs *a*, *a*, *a*, peuvent être soulevés, pour y placer dessous les rouleaux, par les leviers K K K.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Polissoirs de surfaces planes.*

1025. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Polissoirs à main.* Pl. XXXVIII, figures 5; 13 et 14. *Élevation et plan.*

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Polissoir à ressort.* Pl. XXXVIII, fig. 6.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Polissoir à corde croisée.* Pl. XXXVIII, fig. 22.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Polissoir à manivelle et à rochet.* Pl. XXXVIII, fig. 23.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Polissoir à roue tournante.* Pl. XXXVIII, fig. 10.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Machine à polir les glaces de* S. Ildefonse. Pl. XXXVIII, fig. 11.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Polissoir à ressort et à arc pour polir de petites surfaces.* Pl. XXXVIII, fig. 8 et 9.

Tous ces polissoirs seront décrits dans le *Traité spécial des machines employées dans les constructions diverses.*

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Polissoirs de surfaces courbes.*

1026. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Polissoir à poids qui agit sur la surface d'une roue.* Pl. XXXVIII, fig. 12.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Polissoir à cylindres tournans.* Pl. XXXVIII, fig. 2 et 3.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Brunissoir à manivelle.* Pl. XXXVIII, fig. 24.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Brunissoir à main.* Pl. XXXIX, fig. 7.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Brosse cylindrique tournante.* Pl. XXXIX, fig. 21.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Meule de bois.* Pl. XXXIX, fig. 22.

CHAPITRE IV.

Des opérateurs par percussion.

1027. Nous nous bornerons ici à donner la classification de ces opérateurs, dont on trouvera la description dans le *Traité des machines métallurgiques* et dans les autres traités subséquens.

Les opérateurs par percussion sont de trois genres : les uns produisent immédiatement la percussion ; les autres opèrent par réaction, et servent de supports inébranlables aux objets qui doivent être soumis à la percussion ; les derniers sont des organes intermédiaires qui reçoivent eux-mêmes la percussion pour la transmettre aux corps placés sur les réacteurs.

GENRE PREMIER. — Verbérateurs, c'est-à-dire, opérateurs qui produisent eux-mêmes la percussion.

1028. Ce genre contient huit espèces : marteaux à main, ordons ou gros marteaux mus par des cammes tournantes, maillets des fouleries, pilons, verges, moutons, verbérateurs à vis et peignes des tisserands.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Marteaux à main.*

1029. Les fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 (Pl. XXXV), représentent plusieurs variétés de marteaux, dont l'énumération serait fastidieuse et inutile.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Ordons.*

1030. On donne le nom d'*ordon* à la machine qui compose les gros marteaux de forge.

PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Ordons à bascule.* Pl. XXXV, *fig.* 14.

1031. — *a* marteau, — *b* enclume, — *m q* manche du marteau, — *g e r* cammes, — *p c d* support du marteau.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Ordons à soulèvement et à ressort.* Pl. XXXV, fig. 15.

1032. — *r e q v f o* charpente très-solide qui sert de support au marteau *q q a*. — *h i* ressort réacteur. — *x* axe de rotation.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Ordons à soulèvement sans ressort.* Pl. XXXV, fig. 16.

1033. — *b e* marteau d'une seule pièce en fonte. — *l k* support métallique. — *b d* cammes.

Les fig. 17, 18, 19, 21, 23, 27, 28, 32, 33, 34, 38, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58 et 59 (Pl. XXXV), indiquent les formes principales qu'on donne aux gros marteaux des ordons.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Maillets de fouleries.*

1034. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Maillets verticaux à mouvement rectiligne.* Pl. XLI, fig. 16.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Maillets à suspension verticale et à mouvement circulaire alternatif.* Pl. XLI, fig. 17.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Maillets à suspension horizontale et à mouvement circulaire alternatif.* Pl. XLI, fig. 1, 18 et 19.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Pilons.*

1035. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Demoiselles.* Pl. XLI, fig. 6 et 7.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Pilon à mortier simple.* Pl. XXXV, fig. 49.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Pilons à mortiers et à arc.* Pl. XLI, fig. 15.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Bocards.* Pl. XLI, fig. 9 et 10.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Bocard tournant.* Pl. XLI, fig. 20 et 25.

SIXIÈME VARIÉTÉ. — *Pilons compresseurs.* Pl. XXXVII, fig. 23.

Les fig. 2, 3, 4 et 5 (Pl. LIX) indiquent les formes que l'on donne aux parties inférieures métalliques des pilons.

SEPTIÈME VARIÉTÉ. — *Battoirs.* Pl. XXXV, fig. 29, 30 et 31.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Verges.*

1036. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Verges à ressorts et à segmens dentés*. Pl. XLI, fig. 23.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Verge à coin*. Pl. XLI, fig. 22.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Verge à courroie*. Pl. XLI, fig. 13 et 14.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Moutons ou beliers.*

1037. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Belier horizontal*. Pl. XLI, fig. 8.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Mouton oblique*. Pl. XLI, fig. 12.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Mouton vertical à tiraude*. Pl. XLI, fig. 11.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Mouton vertical à déclic*. Pl. XVII, fig. 13 et 14.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Mouton vertical à plans inclinés*. Pl. XXXI, fig. 8.

SEPTIÈME ESPÈCE. — *Verbérateurs à vis.*

1038. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Machine monétaire*. Pl. XXXV, fig. 61 et 62.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Emporte-pièce à vis*. Pl. XLI, fig. 21.

HUITIÈME ESPÈCE. — *Peignes des tisserands.*

1039. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Peigne ovale*. Pl. XLI, fig. 30 et 31.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Peigne à queue*. Pl. XLI, fig. 26 et 27.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Peigne à châssis ordinaire*. Pl. XLI, fig. 28.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Grand peigne à châssis*. Pl. XLI, fig. 32.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Peigne à denture interrompue*. Pl. XLI, fig. 29.

GENRE DEUXIÈME. — Réacteurs.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Enclumes et bigornes.*

1040. Les fig. 20, 22, 23, 25, 26, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47 et 48 (Pl. XXXV) représentent diverses variétés d'enclumes; les fig. 60 et 63 indiquent les enclumes à régulateur.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Étampes ou estampes*. Pl. XXXVII, fig. 27 et 22.

GENRE TROISIÈME. — Organes intermédiaires entre les verbérateurs et les réacteurs.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Coins gravés.*

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Poinçons.*

CHAPITRE V.

Des opérateurs par séparation.

1041. Il existe cinq genres d'opérateurs par séparation : 1°. séparateurs des matières peu adhérentes ; 2°. séparateurs des parties adhérentes qu'ils tranchent par percussion ; 3°. séparateurs des parties adhérentes qu'ils coupent par pression ; 4°. séparateurs qui usent et coupent par frottement ; 5°. foreurs.

GENRE PREMIER. — Séparateurs des matières peu adhérentes.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Râteaux, herses et loups.*

1042. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Râteau simple.*

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Herse triangulaire.* Pl. XLII, fig. 3.

TROISIÈME VARIÉTÉ. — *Herse quadrangulaire.* Pl. XLII, fig. 4.

QUATRIÈME VARIÉTÉ. — *Herse tournante.* Pl. XLII, fig. 19 et 20.

CINQUIÈME VARIÉTÉ. — *Loup.* Pl. XLII, fig. 5 et 6.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Cardes.*

1043. PREMIÈRE VARIÉTÉ. — *Cardes à main.* Pl. XLII, fig. 1 et 2.

DEUXIÈME VARIÉTÉ. — *Cardes mécaniques.* Pl. XLII, fig. 16.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Charrues.* Pl. XLII, fig. 17 et 18.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Machines pour dépouiller le ris de son écorce.* Pl. XLII, fig. 10 et 14.

GENRE DEUXIÈME. — Séparateurs par percussion.

1044. PREMIÈRE ESPÈCE. — *Sabres*. Pl. XL, fig. 13.

DEUXIEME ESPÈCE. — *Faux*. Pl. XL, fig. 11.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Faucille*. Pl. XL, fig. 12.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Haches*. Pl. XL, fig. 7, 9 et 10.

CINQUIÈME ESPÈCE. — *Emporte-pièce*. Pl. XL, fig. 15 et 16.

SIXIÈME ESPÈCE. — *Ciseaux des sculpteurs*. Pl. XL, fig. 4.

SEPTIEME ESPECE. — *Ciseaux à pilon*. Pl. XLII, fig. 11, 45, 46 et 47.

GENRE TROISIÈME. — Séparateurs par pression.

PREMIÈRE ESPÈCE. — *Couteaux*.

1045. Les fig. 8, 14 (Pl. XL) et les fig. 12, 13, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 36 et 37 (Pl. XLII) représentent diverses sortes de couteaux qui varient par leur structure et par leur disposition. La fig. 34 représente un coteau crénelé.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Ciseaux et cisailles*. Pl. XL, fig. 23, 24, 25, 28 et 40, et Pl. XLII, fig. 21, 22, 26 et 29.

GENRE QUATRIÈME. — Opérateurs par frottement.

PREMIÈRE ESPÈCE — *Scies*.

1046. Les fig. 17, 18, 19, 20, 21 et 22 (Pl. XL) représentent diverses scies à main; les fig. 26, 29 et 37, des scies mécaniques.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Varlopes*. Pl. XL, fig. 41.

GENRE CINQUIEME. — Foreurs.

PREMIÈRE ESPECE. — *Sondes*. Pl. XLII, fig. 23, 38, 39, 40, 41, 42, 43 et 44.

DEUXIÈME ESPÈCE. — *Forets*. Pl. XL, fig. 30, 31, 32, 33, 34 et 35.

TROISIÈME ESPÈCE. — *Vrilles et fraises*. Pl. XL, fig. 1, 2, 3, 5 et 6.

QUATRIÈME ESPÈCE. — *Alesoirs*. Pl. XL, fig. 42, 43, 44, 45, 46 et 47.

1047. Les fig. 38 et 39 représentent deux machines pour forer les canons; la fig. 36 indique une espèce de couteau au moyen duquel on coupe la partie de métal superflue qui est adhérente au canon après la fonte; et la fig. 27 est un instrument pour tourner les tourillons d'une pièce d'artillerie.

FIN.

TABLE
DES MATIÈRES.

LIVRE QUATRIÈME.

Des Supports.

LIVRE CINQUIÈME.

Des Régulateurs.

LIVRE SIXIÈME.

Des Opérateurs.

FIN DE LA TABLE.

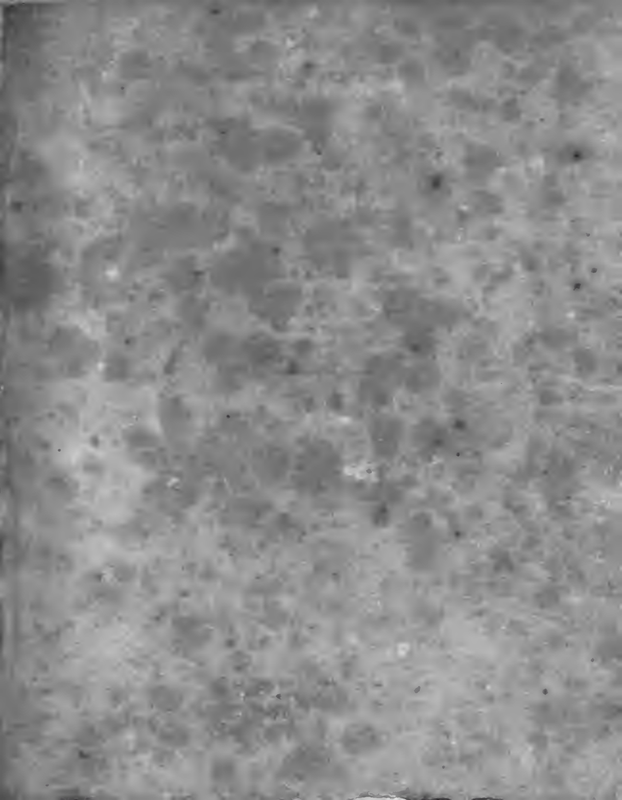


Fig. 1. 2 3 4 5

6 10 11

7 8 9

12 13 15

14 16

17 18 19 20



Fig. 1 2 3

6

4 5 7

8 9

10 11 12

13 15 16

Dessiné par Girard [illegible] sculp.



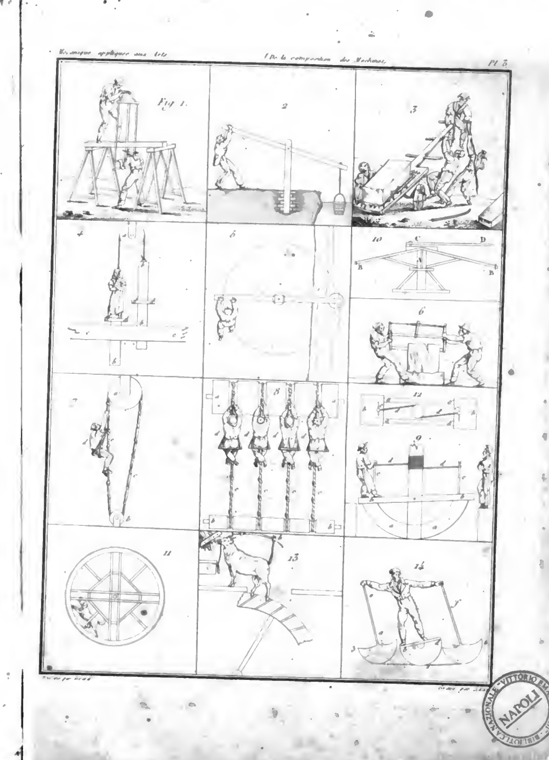

Fig. 1.
2
3
4
5
10
6
7
8
12
9
11
13
14

Fig. 1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

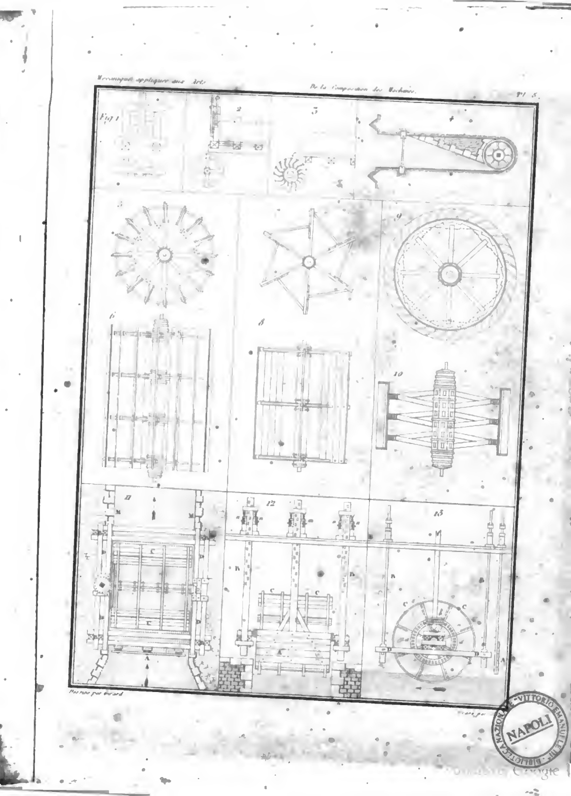
16

A B

Dessiné par Girard

Gravé par Adam




De la Composition des Machines.
Pl. 5.
Fig. 1
2
3
4
6
8
9
10
11
12
13

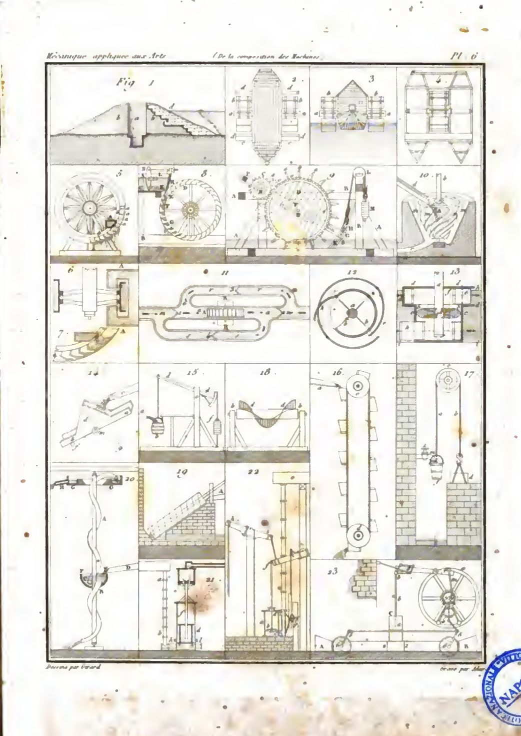
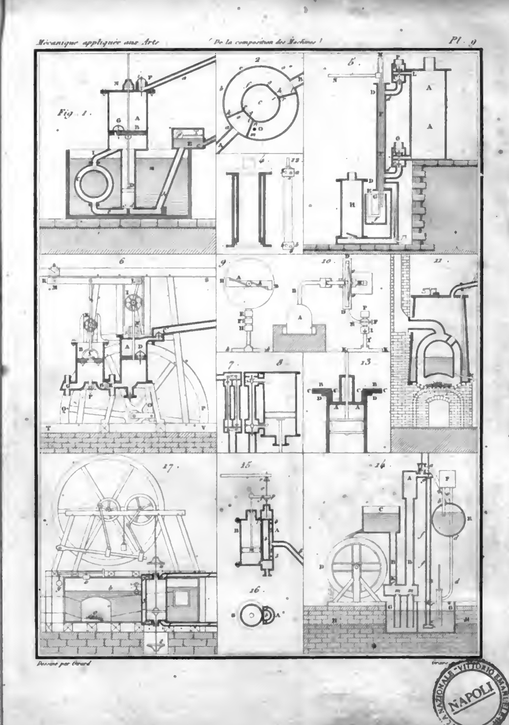

Mécanique appliquée aux Arts
(De la composition des Machines)
Pl. 6.
Fig. 1
Dessiné par Girard

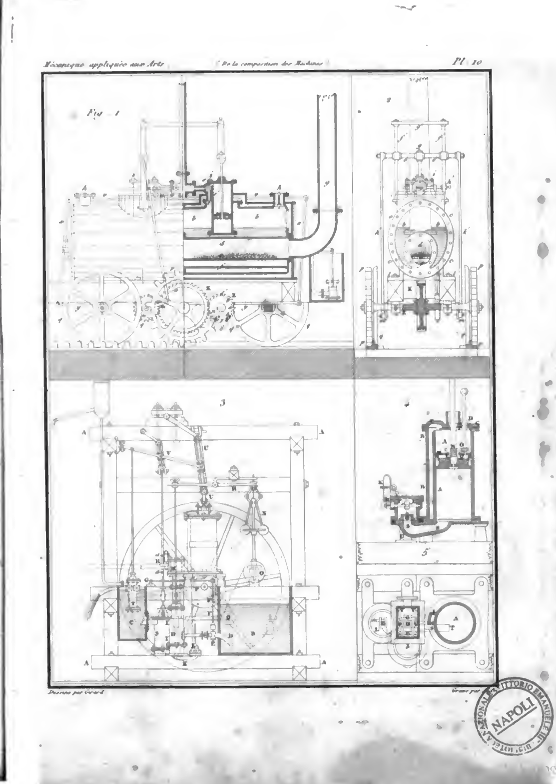
Fig. 1

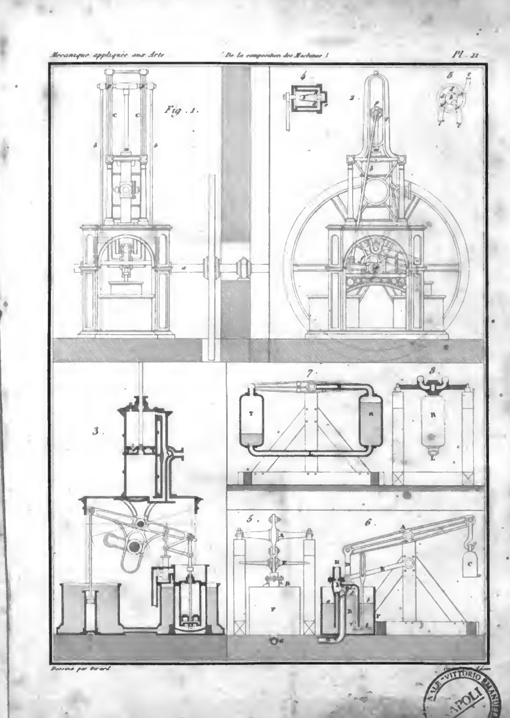
Gravé par Adam.

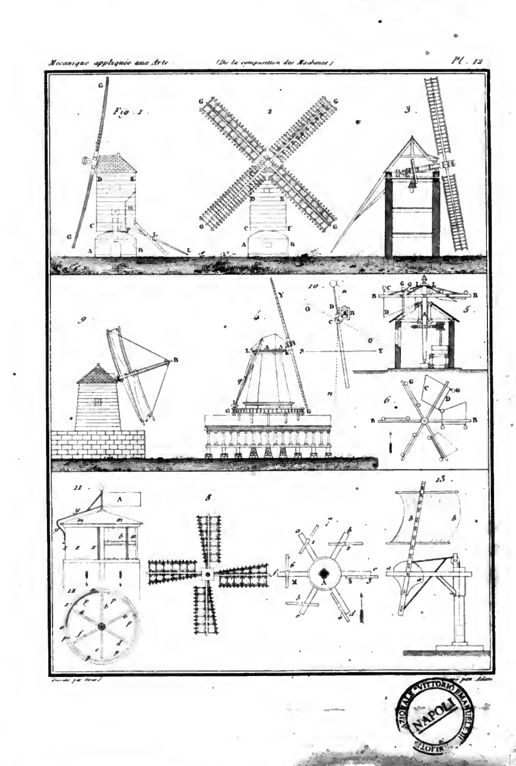


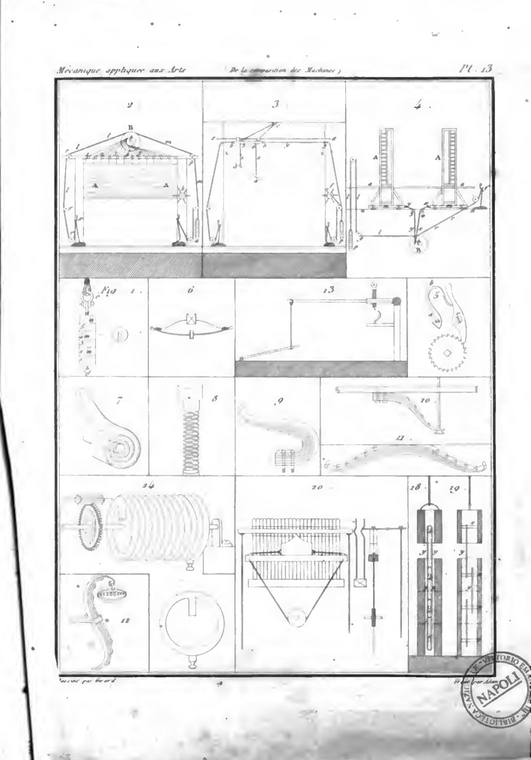


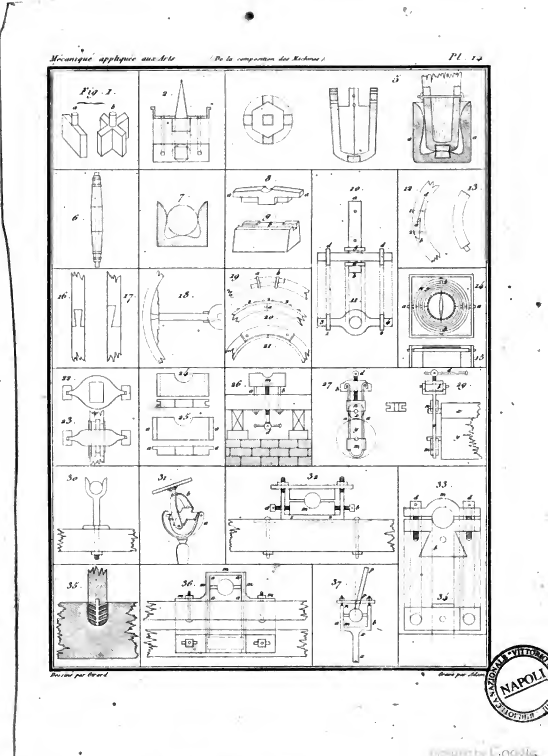
Dessiné par Girard


Fig. 1
2
3
4
5
Dessiné par Girard
Gravé par

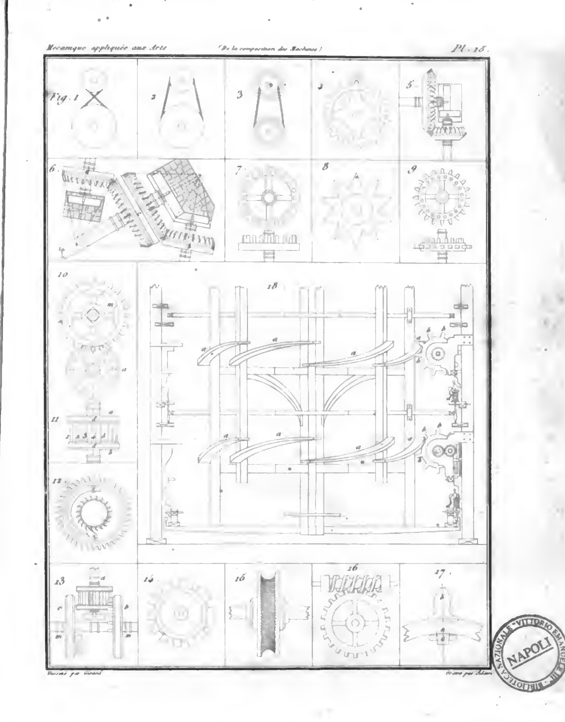

Fig. 1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
Dessiné par Girard





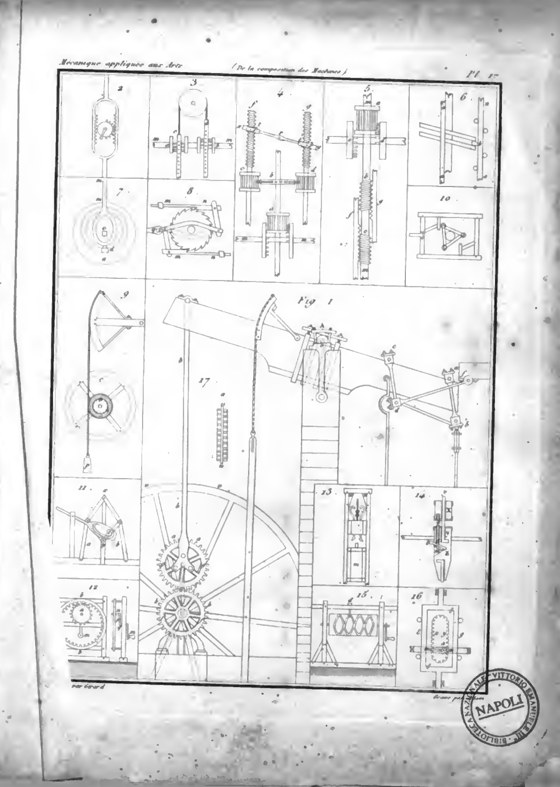


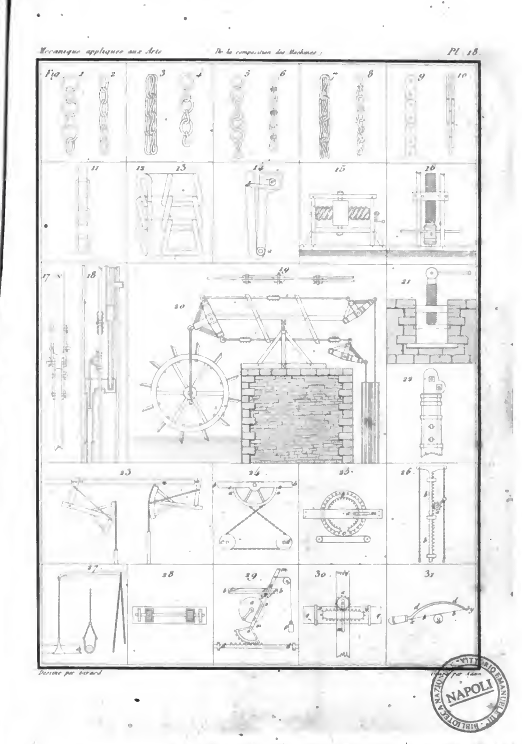
Dessiné par Girard — Gravé par Adam

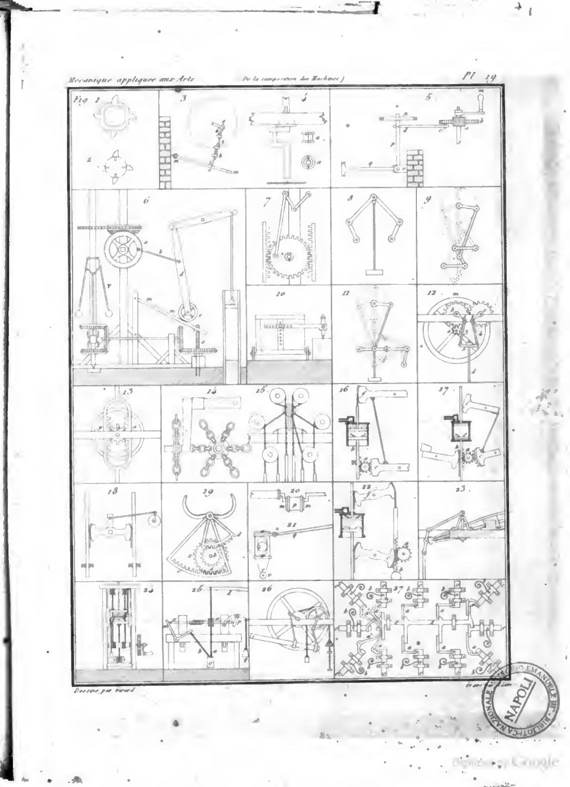

Fig. 1
2
3
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
Dessiné par Girard
Gravé par Adam

Dessiné par Girard *Gravé par Adam*

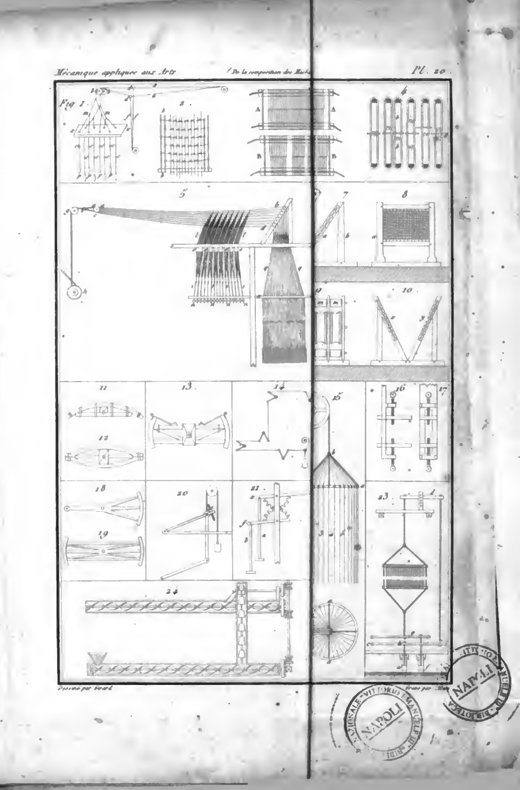



Fig. 1

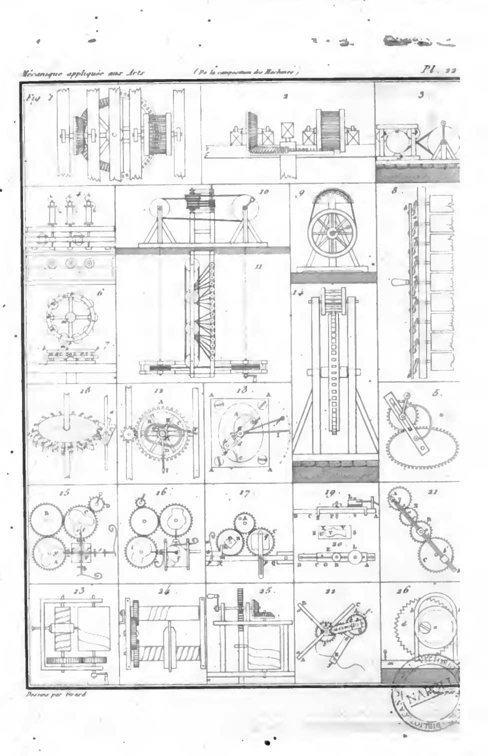

Mécanique appliquée aux Arts
De la composition des Machines.
Pl. 18.
Fig. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 22
23 24 25 26
27 28 29 30 31
Dessiné par Girard
par Adam

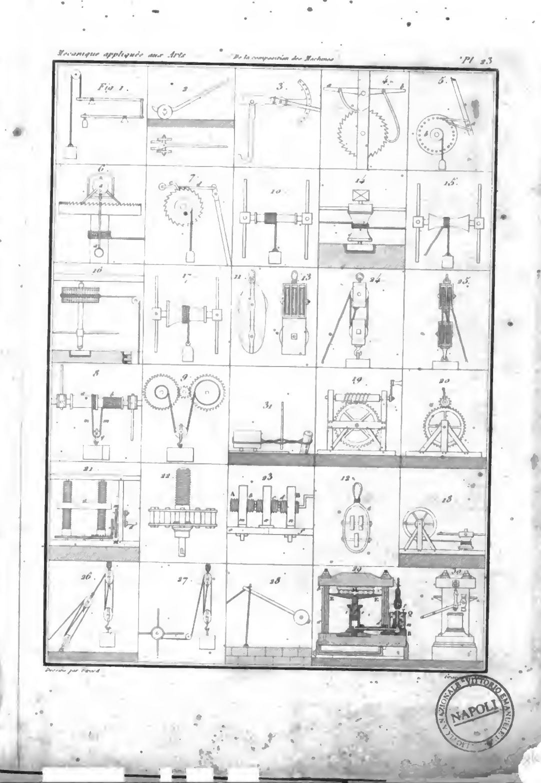


Dessiné par Girard

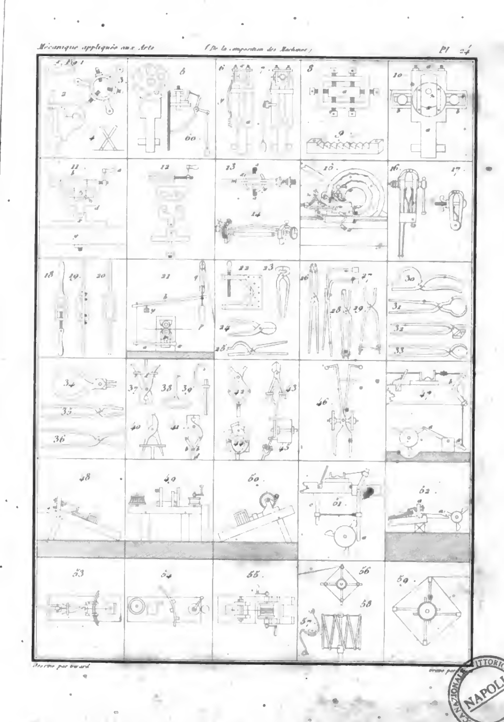


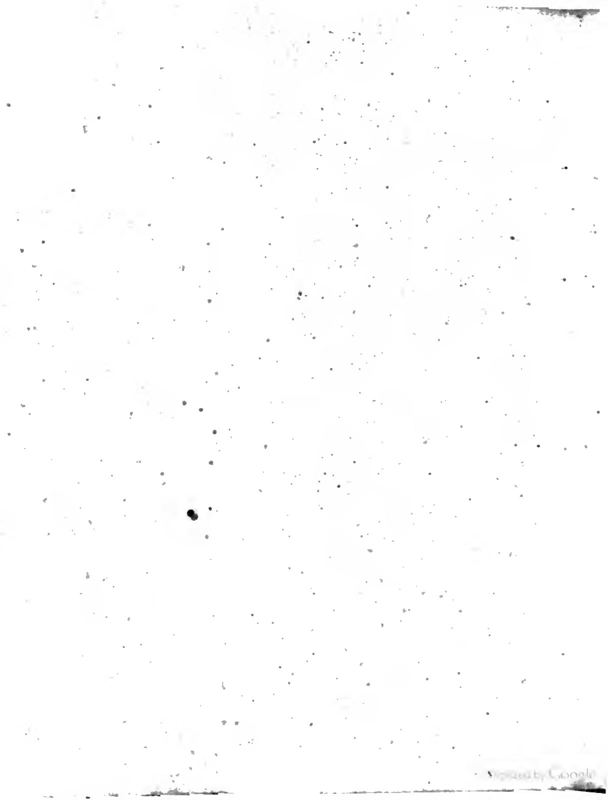
Dessiné par Girard. Gravé par ...

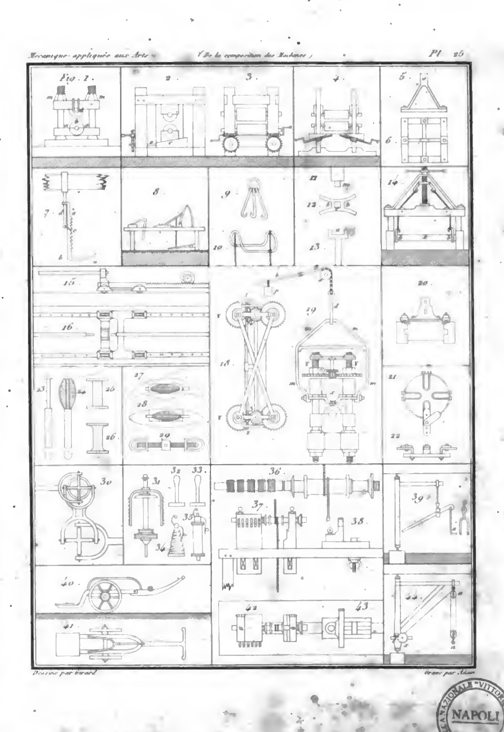

Mécanique appliquée aux Arts
(De la composition des Machines)
Pl. 22
Fig. 1
2
3
4
10
9
8
11
6
7
14
18
12
13
5
15
16
17
19
20
21
23
24
25
22
26
Dessiné par Girard



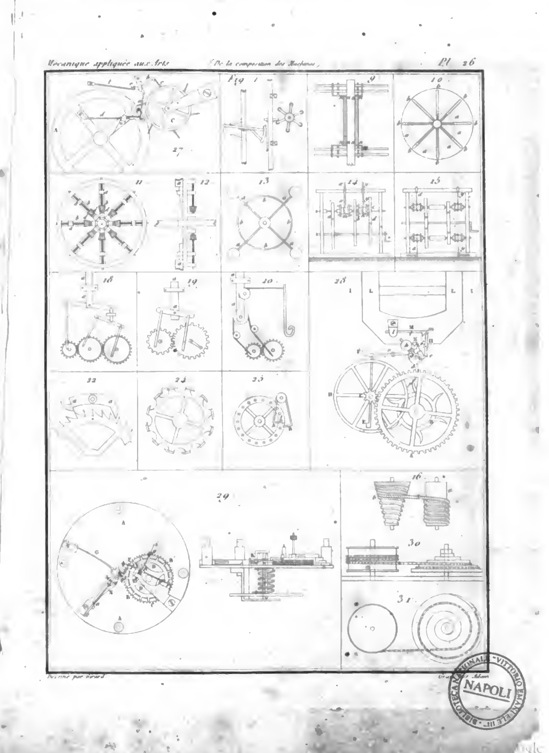
Dessiné par Girard







Dessiné par Girard. Gravé par Adam.



Dessiné par Girard Gravé par Adam

Fig. 1.

Dessiné par Girard

Gravé par Adam



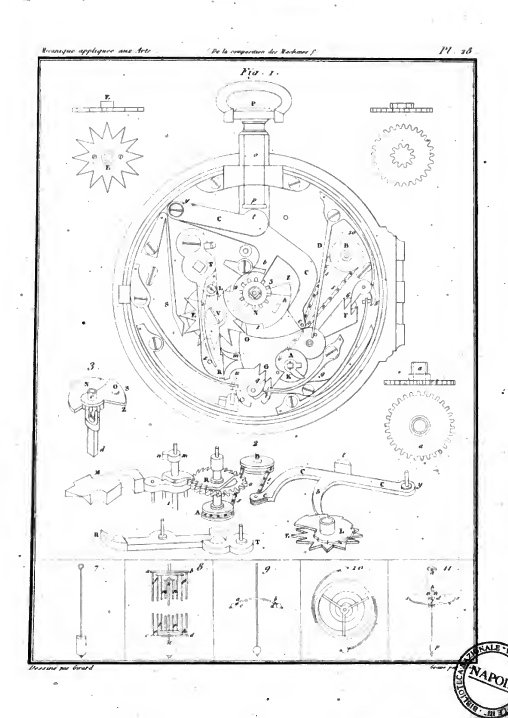

Mécanique appliquée aux Arts
De la composition des Machines
Pl. 28
Fig. 1.
3
2
7
8
9
10
11
Dessiné par Girard
Gravé p

Fig. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30.


Dessiné par Girard



Fig. 1.

4.

5.

3.

2.

6.

7.

8.

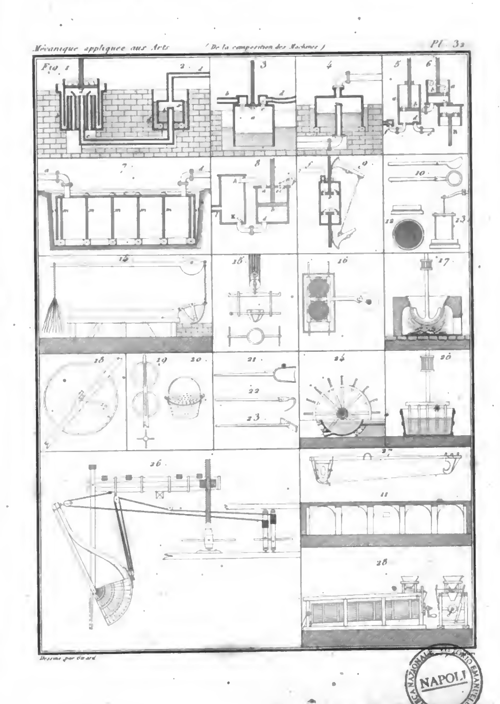
Dessiné par Girard. Gravé par Adam.



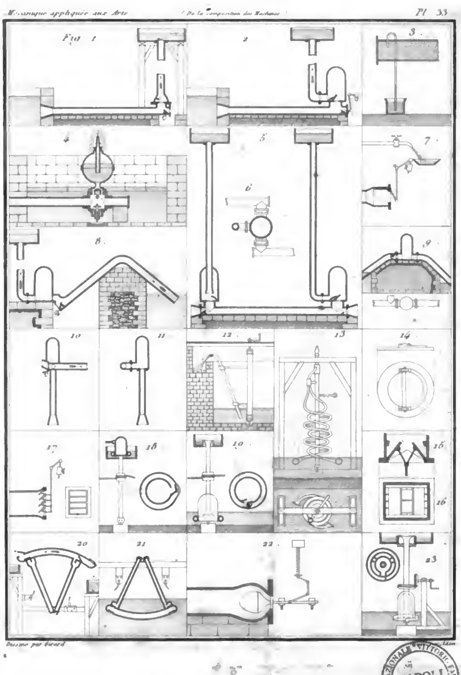
Dessiné par Girard

[illegible]



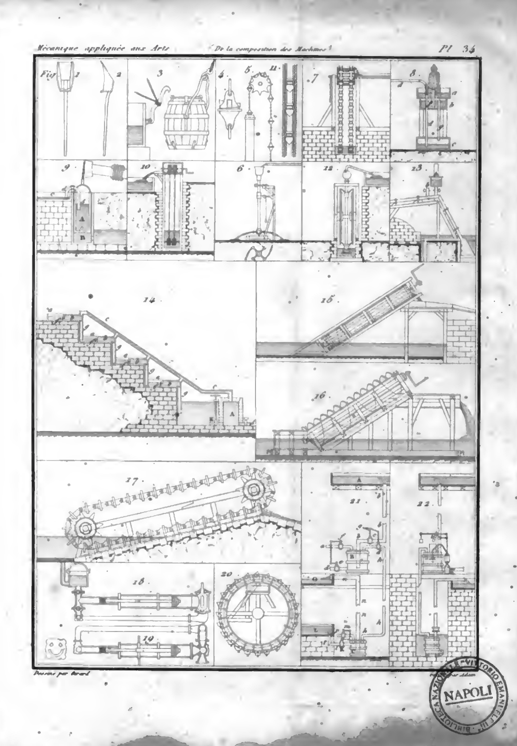


Dessiné par Girard

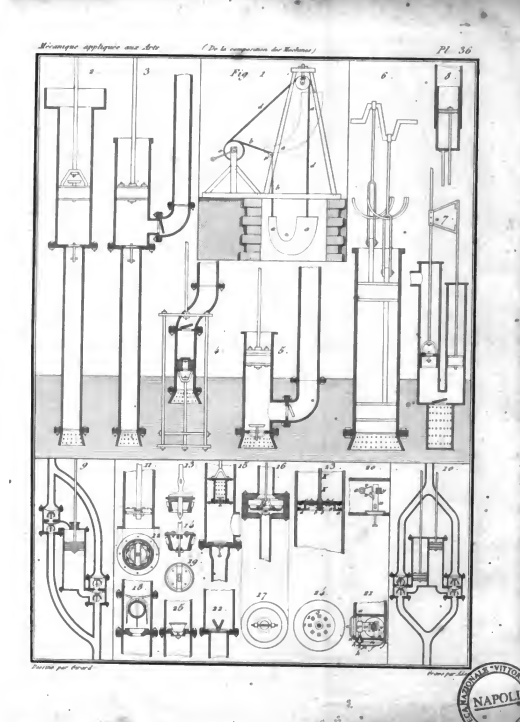


Dessiné par Girard


Digitized by Google


Mécanique appliquée aux Arts
(De la composition des Machines)
Pl. 34
Fig. 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
Dessiné par Girard





Dessiné par Girard · Gravé par Ad.

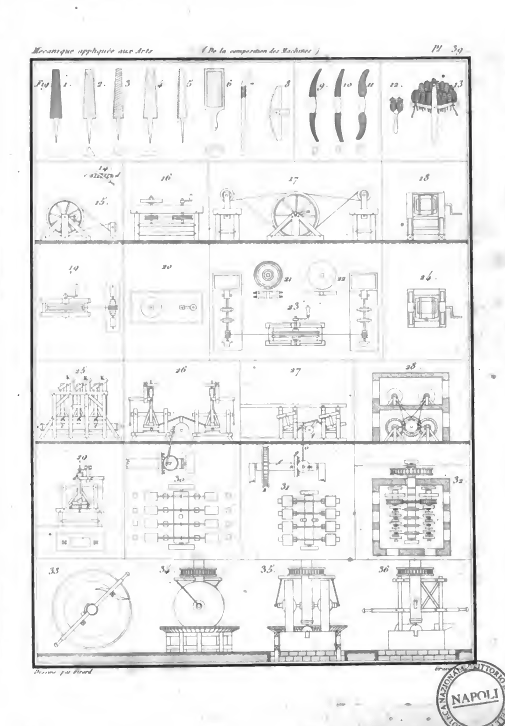
Dessiné par Girard

Gravé par

Fig. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25.

Dessiné par Girard   Gravé par Adam



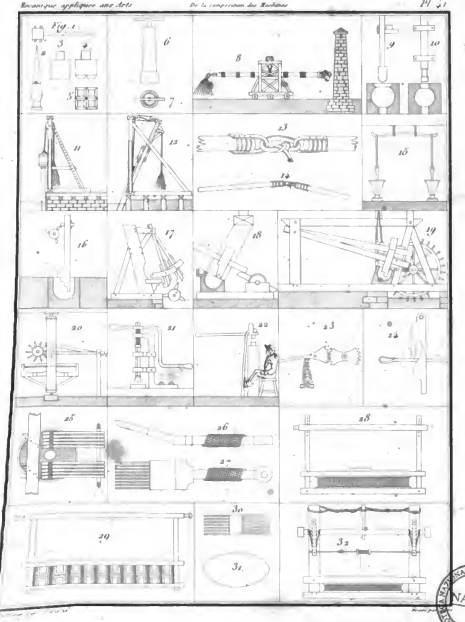


Dessiné par Girard



Dessiné par [illegible] Gravé par Adam




Fig. 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

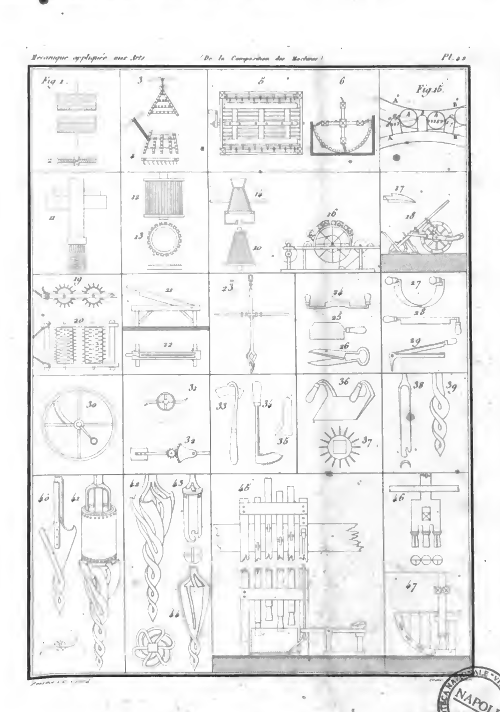

Fig. 1.
3
5
6
Fig. 16.
11
12
13
14
10
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

Fig. 1 · 2 · 3 · 4 · 5 · 6 · 7 · 8 · 9 · 10 · 11 · 12 · 16 · 17 · 18 · 19 · 20 · 21 · 22 · 23 · 24 · 25

Borgnis Del.

Gravé par Adam



